

# Naturlig föryngring under skärm

En analys av föryngringsmetoden, dess möjligheter och  
begränsningar i mellannorrländskt skogsbruk

*Natural Regeneration under Shelterwood Stands*

*An analysis of the method of regeneration, its potentialities and  
limitations in forest management in middle North Sweden*

av

STIG HAGNER

MEDDELANDEN FRÅN  
STATENS SKOGSFORSKNINGSINSTITUT  
BAND 52 · NR 4



## *Förord*

Denna undersökning har tillkommit genom samarbete mellan statens skogs-forskningsinstitut och ett större skogsföretag, Svenska Cellulosa AB. Arbetets uppläggning och dess målsättning präglas i viss mån av detta förhållande. I varje modernt skogsbruk, som bedrivs efter ekonomiska riktlinjer, är rationaliseringssträvanden på olika områden ett framträdande drag. I detta fall är bolagets skogsinnehav mycket omfattande, vilket innebär, att man har goda möjligheter att minska driftkostnaderna genom att arbeta med stora behandlingsenheter, att mekanisera olika moment i skogsarbetet o. s. v. Man eftersträvar därför att använda skötselmetoder, som utan svårighet kan ge utrymme för sådana rationaliseringskrav. Föryngringsarbetet bör sålunda ske på sätt som tillåter en viss schablonisering vid tillämpningen utan att kravet på ett jämnt och gott biologiskt resultat i nämnvärd grad eftersättes.

Utan särskild markbehandling är naturlig föryngring under skärm på friska marker en metod som fordrar god biologisk blick hos skogsskötaren, och därtill stor uppmärksamhet. Trots de låga kapitalutlägg, som kännetecknar föryngringsmetoden, får den därför i denna form anses mindre väl lämpad för storskogsbruket. Vidtar man däremot maskinell markberedning, kommer variationer ifråga om skärmtäthet, marktyp o. s. v. att få avsevärt mindre betydelse än tidigare. Metoden vinner med andra ord ifråga om säkerhet och framstår därför i en mer gynnsam dager. Det är därför naturligt vid en undersökning som denna, att uppmärksamheten i första hand riktas på möjligheterna att utforma tillvägagångssättet vid skärmföryngring så, att kravet på enkelhet och säkerhet kan uppfyllas.

Vid andra skogsbruksformer, främst inom småskogsbruket, kan naturligtvis strävandena att uppnå ett gott ekonomiskt resultat ta sig andra uttryck. Här kan skogsskötaren säkerligen ofta erhålla det bästa nettot genom en mer detaljerad, biologiskt uppmärksam skogsskötsel. I skärmar kan t. ex. en successiv, ekonomiskt påpasslig utglesning samtidigt hjälpa fram föryngringen. Det är dock min uppfattning, att man även i dessa fall har störst nytta av att utgå från enkla, mer allmängiltiga rekommendationer, från vilka sedan avsteg kan göras från fall till fall.

För att erhålla en god bild av möjligheterna att framgångsrikt bedriva skärmföryngring fordras inte bara kännedom om plantornas förmåga att slå till och utvecklas under olika förhållanden, utan även en mängd andra betydelsefulla omständigheter måste beaktas, såsom skärmrädens avkastningsförmåga, risken för stormfällning, tekniska frågor i samband med avverk-

ning och markberedning o. s. v. Det har därför varit min målsättning, att så långt praktiskt användbara informationer ansetts kunna erhållas, granska metoden ur ett flertal sådana betydelsefulla aspekter. Då sålunda frågeställningen är av synnerligen komplex natur kan den syntas som man bildar sig med undersökningsresultaten som grund, utfalla ganska olika beroende på den vikt man tillmäter olika förhållanden. Utmärkande för vårt skogsbruk är dessutom, att inställningen till och förutsättningarna för olika skötselmetoder brukar förändras från tid till annan. Det är därför min uppfattning, att en utredning av detta slag bör vara så utformad, att läsaren även i framtiden beredes en hållbar grund för egna bedömanden.

Det måste understrykas, att många frågor ännu ej kunnat belysas tillfredsställande. Så har t. ex. förnygringens utveckling efter det skärmen avlägsnats ej kunnat behandlas med egna observationer som grund. Något lämpligt undersökningsmaterial från det här aktuella området finnes nämligen ännu ej tillgängligt. Institutet förfogar emellertid över ett betydande antal undersökningstrakter, som inom en snar framtid kommer att lämna värdefull information om bl. a. dessa förhållanden.

Vid indelningen av skogsmarken i produktions- och behandlingstyper har allmänt använda system tillämpats. Boniteringen har skett i Jonsons välkända klasser, och vid skogstypsindelningen har Eneroth-Arnborgs schema använts. Vid diskussionen av skärmarnas avkastningsförmåga har vidare för att underlätta praktiska bedömningar, i vissa fall en sådan diametergruppering utförts, som svarar mot hela tumtal.

Som utgångspunkt för analysen av plantförekomsten och dess beskaffenhet har jag i stor utsträckning använt den banbrytande metodik, som tidigare utvecklats av Eneroth (1945) och Tirén (1949, 1951 b), och vilken på ett ovärderligt sätt givit oss möjligheter att kvantitativt bedöma olika förnygringsresultat.

\*

Till SVENSKA CELLULOSA AB vill jag framföra mitt varma tack för all hjälp av både ekonomisk och teknisk natur, som lämnats mig vid denna avhandlings tillkomst samt för det stora tillmötesgående som alltid visats mig när det gällt behandlingen av frågor, som kunnat underlätta mitt arbete. I detta sammanhang vill jag främst nämna skogsdirektören HÅKAN SWAN och skogsvårdschefen BJÖRN HAGSTRÖM, med vilka jag har haft nära samarbete när det gällt arbetets planläggning. Jag har även haft förmånen, att i deras sällskap göra intressanta fältekursioner och har med dem ingående diskuterat olika förnygringsfrågor ur såväl företagspolitisk som praktiskt skoglig synvinkel. Min tacksamhet riktar sig vidare till skogsvårdsassistenterna STIG ÖVERBY, ALLAN ÅHGREN och BENGT JOHANSSON, samt till nu-



varande disponenten VIKTOR MAGNUSSON och skogsmästare SVEN NORDLANDER, vilka bl. a. hjälpt mig att lösa många frågor av praktisk natur i samband med fältarbetet. Under mina omfattande resor har jag varit i kontakt med de flesta av företagets förvaltare och många tjänstemän tillhörande bevakningspersonalen. Dessa har genomgående varit mycket hjälpsamma och jag har under samvaron med dem i fält och på kontor vunnit beaktansvärda synpunkter på skärmföryngringsproblemen i deras större, praktiska sammanhang.

Min chef, professor ERIC STEFANSSON, har tillåtit mig arbeta helt självständigt med denna undersökning. För att genomföra arbetet på kortast möjliga tid har de mest tidskrävande avsnitten till stor del behandlats i matematikmaskin. Detta har medfört en avsevärd tidsvinst, men även inneburit en koncentration av bearbetningskostnaderna. Jag är mycket tacksam för det förtroende och tillmötesgående som visats mig när det gällt att ställa nödvändiga ekonomiska resurser till mitt förfogande.

Ett särskilt tack vill jag framföra till jägmästare ANDERS BERGMAN, som på ett föredömligt sätt förestått taxeringsarbetet i fält och som dessutom varit mig till stor hjälp vid den efterföljande materialbearbetningen.

I frågor, som berör den matematiska analysen, har en ovärderlig tillgång varit möjligheten att rådfråga och diskutera olika problemställningar med docent BERTIL MATÉRN och civilingenjör OLLE PERSSON. Dessa har också varit mig behjälpliga vid utarbetandet av räkneprogram för olika matematikmaskiner. Huvuddelen av det omfattande räknearbetet i databehandlingsmaskin har dock administrerats av tekn. lic. ARNE HÅKANSSON, för vars sakkunniga bistånd jag är mycket tacksam.

MATEMATIKMASKINNÄMNDEN har välvilligt ställt kostnadsfri maskintid till mitt förfogande för vissa utredningar av operationsanalytisk karaktär.

I skogsekonomiska och produktionstekniska spørsmål har jag haft förmånen att få rådgöra med skogsvet. lic. SVEN-OLOF ANDERSSON och skogsvet. lic. JÖRAN FRIES. Jägmästare ÅKE WIKSTEN har svarat för den engelska översättningen.

Fru EIVOR HEDQVIST har på ett förtjänstfullt sätt lett det manuella räknearbetet, fröken ANNE-MARIE WESTIN de omfattande hålkortsbearbetningarna. Figurerna har ritats av fru ANNELIESE NEUSCHEL. Till dessa och övriga tjänstemän vid skogsforskningsinstitutet, som bidragit till detta arbetes tillkomst, ber jag få framföra mitt varma tack.

Stockholm den 22 juni 1962.

*Stig O. A. Hagner*

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sid.
Förord.....	3
Inledning.....	9
I. Kort beskrivning av undersökningsområdet .....	18
Kap. 1. Topografi, klimat och geologi .....	18
Kap. 2. Skogliga förhållanden .....	19
II. Fältnäring och det insamlade observationsmaterialet.....	21
Kap. 3. Näringsmetoden.....	21
Kap. 4. Allmänna uppgifter om det insamlade undersökningsmaterialet .....	24
III. Vissa följder av skärnhuggning och markberedning .....	32
Kap. 5. Markvegetationens förändring efter skärnhuggning.....	32
Kap. 6. Markberedningsfläckarnas igenväxning.....	34
Kap. 7. Förnäfallet.....	37
Kap. 8. Skärmen som frostskydd.....	39
Kap. 9. Stormfällningsrisken.....	40
Kap. 10. Hyggesavfallets nedmultning.....	45
Kap. 11. Besåningen.....	46
IV. Föryngringsresultatet.....	59
Kap. 12. Plantuppslagets numerär och höjd .....	59
12.1. Bearbetningsmetoden .....	59
12.2. Använda variabler och variabeltransformationer.....	64
12.3. Plantuppslaget av tall och gran efter skärnhuggning... ..	66
12.4. Tall- och granplantornas kondition och höjdtveckling. ....	84
12.5. Det enskilda skärnträdet betydelse för plantuppslaget i markberedningsfläckarna.....	96
12.6. Beståndsföryngringen.....	98
12.7. Björkföryngringen.....	100
12.8. Plantuppslaget på lösryckta humustorvor.....	103
Kap. 13. Plantornas fördelning över arealen.....	106
13.1. Allmänt.....	106
13.2. Plantfördelningen i det osårade humustäcket.....	108
13.3. Frekvensen markberedningsfläckar med olika antal plantor.....	112

Kap. 14.	Markberedningens tekniska beskaflenhet och dess betydelse för föryngringsresultatet.....	114
14.1.	Jämförelse mellan okuläruppskattat och uppmätt föryngringsresultat.....	114
14.2.	Maximala avståndet mellan plantor i en och samma markberedningsfläck. (Med avsnitt författat av docent BERTIL MATÉRN).....	116
14.3.	Markberedningsfläckarnas storlek.....	121
14.4.	Fläckformen.....	123
14.5.	Skärmföryngringsmodeller.....	124
Kap. 15.	Skärmens avveckling.....	146
V	Skärmställningarnas produktionsförmåga.....	151
Kap. 16.	Skärmträdens tillväxt efter skärmhuggning.....	152
16.1.	Tillväxtreaktionen.....	152
16.2.	Årsringsbreddens kulmination i tallskärmar.....	161
16.3.	Radietillväxten i kontinuerligt vårdade äldre tallbestånd.....	164
16.4.	Skärmträdens höjdtillväxt.....	166
Kap. 17.	Konstruktion av produktionsserier för tallskärmar.....	167
17.1.	Utgångsläget.....	167
17.2.	Om betydelsen av formförändringar hos skärmträden efter frihuggningen.....	171
17.3.	Produktionsberäkningarna.....	173
17.4.	Volymproduktionen.....	182
17.5.	Värdeproduktionen.....	188
17.6.	Skärmställning som resultat av målmedveten beståndsvård.....	207
Kap. 18.	Granskärmarnas produktionsförmåga.....	208
Kap. 19.	Något om alternativa föryngringskalkyler.....	213
VI.	Skärmföryngringsmetodens möjligheter och begränsningar (Sammanfattning av undersökningens huvudresultat).....	216
	Litteraturförteckning.....	220
	Summary in English.....	224
	Bilagor.....	255



## Inledning

Skogsmännens första erfarenheter av att med enkla blädningsartade ingrepp söka åstadkomma naturlig föryngring i de gamla urskogsartade norrlandsskogarna kan i stort sett betecknas som negativa. Vårt att citera är följande uttalande av Th. Örtenblad (1893, s. 90), en av dåtidens mest framsynta skogsmän: »Undertecknad, som i syfte att iakttaga återväxten *efter blädningen* besökt ett stort antal äldre och yngre timmerhyggen inom norra Sveriges alla län, anser mig skyldig öppet förklara, att jag *i intet fall* sett en nöjaktig föryngring, föranledd *ensamt* af en på vanligt sätt utförd timmerblädning».

Det norrländska skogsbrukets ekonomiska bärkraft var vid denna tid alltför ringa för att urskogarnas exploatering skulle kunna följas av kostnadskrävande föryngringsåtgärder. Motståndare till blädningsskogsbruket framträdde dock tidigt, av vilka Holmgren (1914) särskilt bör nämnas. Han förordade i stället trakthyggesbruk med eller utan kvarlämnade fröträd eller i kombination med skogsodling.

Holmgrens metoder kom också att någon tid få rätt vidsträckt användning, vilket i dag många vackra ungskogar vittnar om. Ofta blev dock självföryngringsresultatet dåligt på de upptagna kalytorna, något som säkerligen till stor del får skyllas på en alltför knapp fröproduktion hos de kvarlämnade fröträden. I många fall fattades sådana helt, beroende på högt ställda förväntningar att erhålla fröspridning från omgivande beståndskanter.

Man knöt också förhoppningar till det plantuppslag som kunde iakttas inne bestånden. Detta ansågs ofta efter frihuggning kunna ge upphov till nya godtagbara bestånd (Schotte 1924 a, Kallin 1926). Blädningsmetoden hade sedan lång tid haft en varm förespråkare i Uno Wallmo (1897), vars lärjungar framgångsrikt bedrev propaganda för detta skogsbrukssätt framför allt under 1930-talet med dess ekonomiska svårigheter för skogshanteringen.

Genom Henrik Hesselmanns för vårt skogsbruk så utomordentligt värdefulla undersökningar beträffande omvandlingsprocesserna i skogsmarkens humustäcke, och samspelet mellan dessa och beståndens växtmöjligheter (1910, 1919, 1917, 1926, 1937), fanns dock redan klara belägg för de biologiska fördelar som var förknippade med markens kallläggning vid generationsväxlingen, gärna i samband med bränning. Hesselmann kunde också påvisa den gynnsamma inverkan på humustillståndet, som utövas av växtliga skogsbestånd med förmåga att producera tillräckliga mängder näringsrik fallförna. Vid andra undersökningar (t. ex. Tirén 1934) kunde svårigheterna

belysas att utan en radikal kallläggning erhålla självföryngring på friska råhumusmarker. Marktäcket inne i beståndet besitter ytterst dåliga egenskaper som grobädd för självsådda frön. Det plantuppslag som kunde iakttas var lokaliserat till särskilt gynnsamma växtsubstrat såsom stubbar och multnande stamdelar. Efter undersökningar av bl. a. Holmgren och Törngren (1932) kunde det visas att denna s. k. »lågeföryngring», sannolikt beroende på uttorkning, hade svårt att överleva då markytan blev mer exponerad för sol och vindar.

Genom Eneroths banbrytande arbeten i mellersta Norrland (1931 a, 1934, 1937) vanns ökade kunskaper om betydelsen av markvegetationstypen — den s. k. »skogstypen» — för den naturliga föryngringens uppkomst och utveckling. Resultatet av dessa undersökningar visade klart hållbarheten i Hesselmans uppfattning (1926) att skogstypen, åtminstone för svenska förhållanden, i första hand var användbar som behandlingstyp. Av Eneroths norrländska undersökningar framgick också, att de inventerade, efter självsådd uppkomna föryngringarna vanligtvis var alltför glesa för att uppfylla fordringarna och att plantpopulationens ytterligare tillväxt försiggick mycket långsamt.

Vad avser de hedartade skogsmarkerna i Norrland kunde genom Wretlinds undersökningar (1931, 1934) praktiskt användbara metoder introduceras, ägnade att vid generationsväxlingen tillvarata den ofta rikligt förekommande beståndsföryngringen. Genom bl. a. Hesselmans (1910—19) arbeten hade det visat sig, att kväve och vatten oftast utgjorde de minimerande faktorerna på dessa växtlokaler. Av Wretlinds undersökningar framgick, att även glest stående, förväxande träd här hade förmåga att starkt hämma den uppspirande föryngringens utveckling. Det gällde därför att snabbt och radikalt häva det konkurrenstillstånd som förorsakades av de äldre träden, så att den nya generationen fick möjlighet att på en gång ta hela markytan i besittning. Att på tallhedar just rotkonkurrensen från överbeståndet utgör ett av de allvarligaste hindren för underväxtens utveckling har senare visats av bl. a. Björkman (1945) samt av Romell och Malmström (1945).

Genom Arnborgs undersökningar på friska marker (1942, 1943, 1947) fördjupades kunskaperna ytterligare om sambandet mellan skogstyper och föryngringsförhållanden i Norrland, samt om beståndsföryngringens svåra livsbetingelser. Samtidigt analyserade Tirén (1945, 1949) ett omfattande statistiskt undersökningsmaterial rörande förekomsten av naturlig föryngring på obrända hyggen i norrländsk granskog. Tirén kunde nu ge klara och entydiga belägg för det förhållande som Eneroth tidigare tyckt sig kunna konstatera, nämligen att utsikterna var små att på friska, obehandlade marker i mellersta Norrland ens efter lång tid erhålla godtagbara plantuppslag på naturlig väg. Endast på låga nivåer och på goda skogstyper var situationen bättre. Man kom också i allt vidare kretsar till insikt om, att de blädnings-

artade huggningsmetoderna i Norrland vanligtvis hade givit ett ytterst otillfredsställande föryngringsresultat (Holmgren 1942). I stället hade landet tillförts stora arealer glesa restskogsartade bestånd med låg avkastningsförmåga. Genom den andra riksskogstaxeringen kunde det också konstateras, att åldersklassfördelningen i de norrländska skogarna var allt annat än tillfredsställande. Ungskogar saknades i stor utsträckning, under det att stora arealer upptogs av gamla oväxtliga bestånd. Det ansågs därför nödvändigt att tillgripa mer radikala metoder för att snabbt förbättra skogstillståndet. Genom att skogsbruket under och efter världskriget hade börjat bli alltmer vinstgivande saknades ej längre ekonomiska resurser för en ökad föryngringsverksamhet. Bevis fattades ej heller för att man genom skogsodling kunde anlägga vackra skogar även i klimatiskt karga trakter (Eklund och Huss 1946).

Det restaureringsarbete som nu förestod i norrlandsskogarna, visade sig vara ytterst omfattande. Svårigheter uppstod genast att anskaffa frö och plantor i tillräckliga mängder. Samtidigt var bristen på skolad arbetskraft kännbar. Det mest brådskande skogsodlingsprogrammet omfattade omföring till produktivt skick av otillräckligt föryngrade kalytor samt sådan skogsmark som var bevuxen med sönderblådade och degenerade beståndstyper. För att trots allt ytterligare kunna bredda föryngringsprogrammet, samt för att kunna hålla arealkostnaderna på en rimlig nivå, föddes tanken att genom ingrepp i passande äldre bestånd åstadkomma naturlig föryngring under skärm.

På Siljansfors försökspark i Dalarna hade skärmföryngringsmetoder prövats och utvecklats sedan parkens tillkomst (1921). Från början av 1930-talet hade skärmställning i olika variationer här varit den förhärskande föryngringsmetoden, varvid goda resultat uppnåts. (Erfarenheterna har bl. a. redovisats och demonstrerats vid Norrlands skogsvårdsförbunds exkursioner år 1936 och 1955, se Näslund 1955.) Man kunde därför här tillvarata de ingående erfarenheter man redan vunnit av denna skogsskötselmetod, praktiserad under nordsvenska skogsförhållanden. Det stod dock från början klart, att i vissa fall modifikationer måste företas vid tillämpningen, innan metoden kunde antas passa för ännu nordligare belägna områden med annat klimat och med andra skogsbruksförhållanden.

Som en epokgörande nyhet i självföryngringssammanhang måste de traktordragna kultivatorer betecknas, som allt ifrån mitten av 1940-talet började användas i växande skala, och med vilkas hjälp man till en rimlig kostnad kunde åstadkomma en effektiv förbättring av grobädden på friska marker (Tirén 1946, Callin 1947, Hagström och Magnusson 1952, Malmberg 1956, Fredén 1958). Tidigare hade det enda kostnadsmässigt godtagbara tillvägagångssättet för att erhålla en sådan grobäddsförbättring varit hyggesbrän-

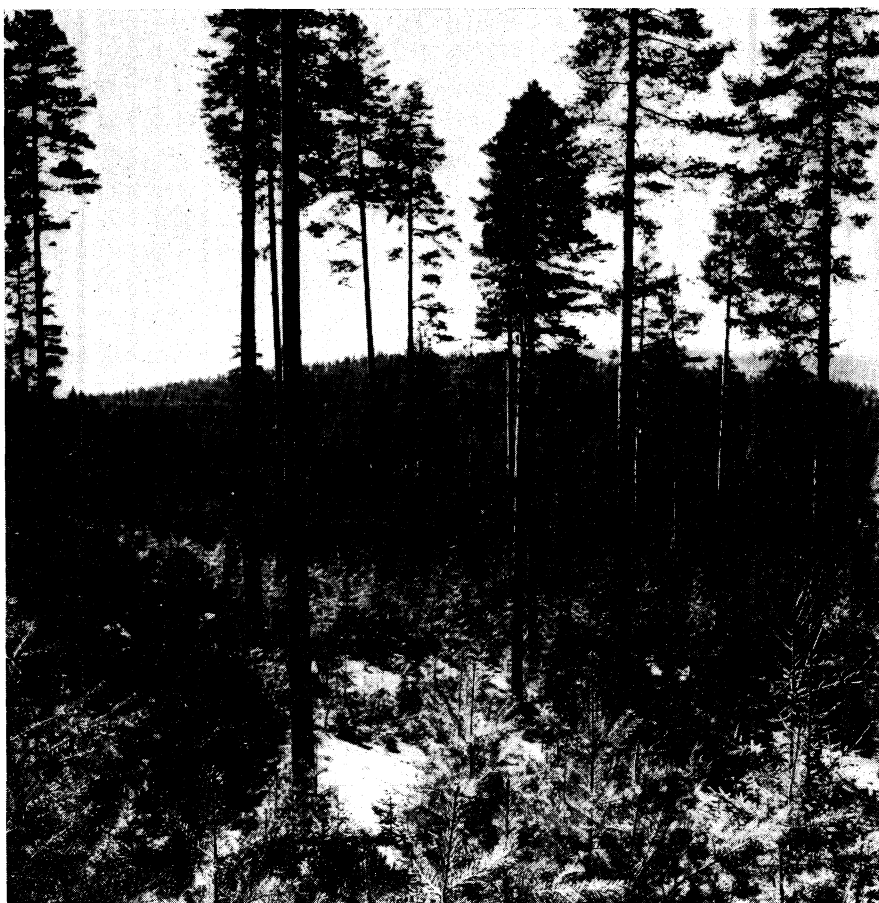


Fig. 1. Successivt utglesad tallskärm med uppväxande ungskog. Siljansfors försöks-park, Dalarna.

Gradually thinned Scots pine shelterwood stand with undergrowth. Siljansfors experimental forest, province of Dalarna.

ning. Härvid kunde vanligtvis endast ett fåtal fröträd tillåtas stå kvar. Detta måste många gånger befaras medföra en alltför gles besättning av hygget, samtidigt som markens produktionsförmåga under lång tid gick förlorad. Med traktorns hjälp kunde man däremot utan större svårighet utnyttja det ymnigare fröfallet i stamrika skärmar.

Vid skogsforskningsinstitutets avdelning för skogsförnygring startades i början av 1950-talet markberedningsförsök under skärm, till en början främst i norrländska höjdlägen, på initiativ och under ledning av professor Lars Tirén. Inom Svenska Cellulosa AB igångsattes nära nog samtidigt en omfattande försöksserie avseende skärmförnygring. Initiativtagare härtill var bolagets skogsdirektör Håkan Swan och skogsvårdschef Björn Hagström.





Fig. 2. Relativt tät, nyställd och markberedd tallskärm. Frisk lingonristyp.

Relatively dense, recently set shelterwood stand of Scots pine, site scarified. Fresh forest site with cowberry shrub.

Cellulosabolagets försöksuppläggning skedde i visst samråd med institutet. Det eftersträvades, att de skärmar som utlades i bolagets regi skulle uppvisa ett brett variationsintervall beträffande höjdlägen, skogstyper, skärmtyper o. s. v. för att senare betydelsefulla gränsdragningar skulle kunna utföras. Skogsforskningsinstitutet åtog sig att medverka vid en kommande försöksinventering.

Den planerade undersökningen av Cellulosabolagets skärmförsök, totalt omfattande ca 10 000 hektar, utfördes sommaren 1959. Tyngdpunkten av denna, i form av en taxering, förlades till bolagets södra skogschefsdistrikt, där försöksverksamheten först kom igång. Dessutom företog författaren samma sommar omfattande resor, varvid även flertalet av bolagets skärmar inom

mellersta och norra skogschefsdistrikten snabbinventerades. Därigenom erhöles bl. a. en närmare uppfattning om det sätt varpå metoden praktiserats på olika håll. Redan hösten 1959 utfördes inom Cellulosabolaget, till vilket författaren tillfälligt knutits, en första intern sammanställning av inventeringsresultatet. Med ledning härav utfärdades en preliminär instruktion för den närmaste tidens verksamhet vid skärnhuggning. Den efterföljande, mer omfattande bearbetning som här redovisas har skett vid skogsforskningsinstitutet.

\*

Innan vi övergår till att närmare behandla undersökningen kan det vara lämpligt att lämna en kort redogörelse för vissa definitioner och beteckningar, som framdeles flitigt kommer att användas.

1. Med »skärm» avses sålunda ett bestånd av äldre skog med uppgift, att dels genom tillväxt verksamt utnyttja markens produktionsförmåga, dels genom besåning ge upphov till föryngring. I vissa fall bidrar skärmen också verksamt till att skydda de uppspirande plantorna, så att uppkomst av frodig hyggesvegetation hindras, eller genom att skador på grund av klimatiska extremförhållanden, t. ex. frost, motverkas. Skärmen intar därigenom på flera sätt en mellanställning mellan »timmerställningen», som enbart utnyttjas för virkesproduktion, och »fröträdställningen», vars huvudsakliga uppgift är att beså marken.

Den betydelse som här inlagts i begreppet »skärm» ansluter i stort sett till den terminologi, som användes i mellaneuropeisk och nordamerikansk skogsskötsel (Bühler 1922, Vanselow 1931, Dengler 1944, Wiedemann 1950, Wittich 1955, Plockman 1958, Baker 1934, Hawley and Smith 1954) och i våra nordiska grannländer (Helms 1925, Barth 1929, 1938, Heikinheimo 1949, Eide 1954, Kalela 1954). Även i Sverige har man vanligtvis med uttrycket »skärm» avsett den ovan definierade beståndsformen (Eneroth 1931 b, Petrini 1937, Näslund 1955, Tirén 1955, Kugelberg 1958). I Wahlgrens och Amilons skogsskötselhandböcker (1922 resp. 1923) förekommer däremot endast beteckningarna »timmerställning» och »fröträdställning». Med »skärm» avser Wahlgren ett bestånd av lövträd (t. ex. björk eller al), vilket tjänar som frostskydd för därunder uppväxande plantor. I dansk skogsskötsel skulle denna beståndsform kallas »ammetrær». Juhlin-Dannfelt (1954) skiljer mellan »lägskärm» och »högskärm», av vilka den förra till sin natur överensstämmer med Wahlgrens. Den senare beståndsformen sammanfaller däremot med vad man vanligen avser med uttrycket »skärm». Enligt Juhlin-Dannfelt är dock högskärmens huvudsakliga uppgift att verka som skydd mot frost, ogräsvegetation och alltför stark solbestrålning för den under skärnträden uppkommande föryngringen.



Fig. 3. Tät, nyställd granskärm. Frisk blåbärsristyp.

Dense, recently set shelterwood stand of Norway spruce. Forest site of the fresh blueberry type.

I denna avhandling skall skärmens egenskap granskas både som värdeproducent och föryngringsalstrare. I de flesta sammanhang kommer skärmens täthet att diskuteras, och betydelsen av denna kommer ur såväl biologisk som ekonomisk synpunkt att tilldra sig stor uppmärksamhet. För att ej i onödan tynga framställningen med olika begrepp skall därvid endast uttrycket »skärm» användas, även om beståndsformen är så gles att beteckningen »fröträdställning» vore mer adekvat, eller så tät, att förhållandena närmar sig det slutna beståndets.

2. Med »naturlig föryngring» avses här ett plantuppslag, vilket uppkommit som en följd av besåning från i omgivningen stående träd. Med »skogskultur» avses en föryngring uppkommen genom »skogsodling» med till växtplatsen med konstlade medel transporterade frön eller plantor.

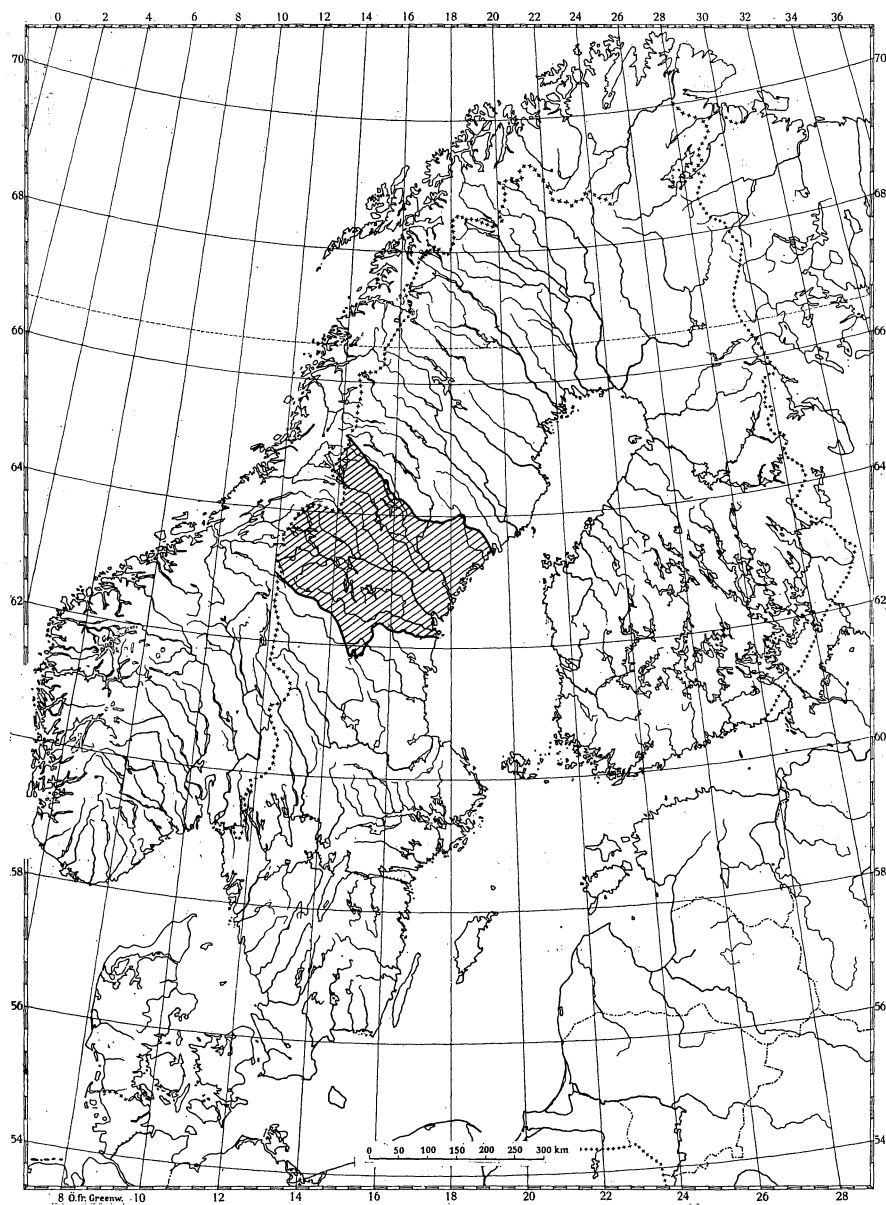


Fig. 4. Skandinaviska halvön med undersökningsområdet streckat (jfr fig. 5).  
Map of Scandinavia showing the area of investigation (shaded) — cf. fig. 5.

3. Olika skärmtyper kommer att särskiljas beroende på trädslagsblandningen. Sålunda användes om ej annat anges uttrycket »tall- resp. granskärm» om andelen stammar av ettdera trädslaget uppgår till minst 70 procent. Över-

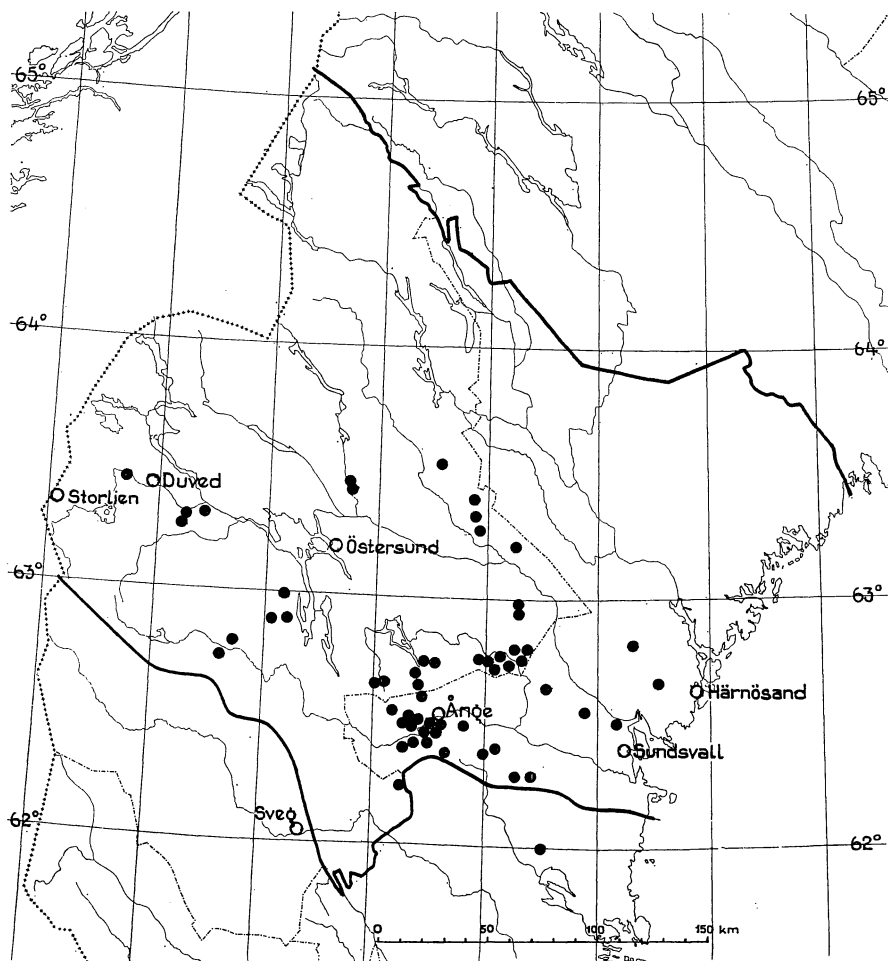


Fig. 5. Undersökningsområdet (riksskogstaxeringens region II) samt de i huvudundersökningen taxerade skärmarnas belägenhet.

Area of investigation (National Forest Survey, region II) and the locations of the shelterwood stands included in the main investigation.

väger intetdera med så hög inblandning användes benämningen »bland-skärm».

4. Det ingrepp som resulterar i en skärmställning kallas »skärmhuggning». Efter en »skärmperiod» av viss längd följer »skärmens avveckling»

5. Med olika hjälpmedel blottlägges mineraljorden genom »markberedning» (mb). Åstadkommes markberedningen med traktoraggregat talas om »traktormarkberedning» (Tmb). Utföres arbetet för hand utan hjälp av maskiner användes uttrycket »manuell markberedning» (Mmb).

## I. Kort beskrivning av undersökningsområdet

### Kap. 1. Topografi, klimat och geologi

Områdets belägenhet framgår av fig. 4—5. I söder och norr begränsas det i grova drag av 62:a och 64:e breddgraden. I öst-västlig riktning sträcker det sig från kusten till barrskogsgränsen nära norska gränsen.

De följande uppgifterna är i huvudsak hämtade ur »Atlas över Sverige» samt från den andra och tredje riksskogstaxeringen. De går genomgående tillbaka på förhållandena inom dess region II (se fig. 4), vilken till rätt stor del täckes genom undersökningen.

Höjdsiktens procentuella arealfördelning inom regionen framgår av nedanstående uppställning:

Höjdzon m Altitude m									
0 —	100 —	200 —	300 —	400 —	500 —	600 —	700 —	800 +	
7	9	25	22	15	7	5	4	6	%

Barrskogsgränsen uppnås i allmänhet vid 700—800 m. ö. h. Som synes ligger endast 16 procent av arealen under 200 m. Mellan 200 och 500 m. ö. h. befinner sig 62 procent och en icke oväsentlig del ligger ovanför 500 m.

Årets medeltemperatur för vissa orter uppgår enligt Ångström (1938) till följande värden:

	H. ö. h. Altitude	Årets medeltemperatur Mean annual temperature
Härnösand .....	9 m	+ 3,7° C
Ånge .....	169 m	+ 2,3° C
Östersund .....	328 m	+ 2,4° C
Sveg.....	362 m	+ 1,7° C
Duved .....	385 m	+ 1,5° C
Storlien .....	595 m	+ 0,7° C

Vegetationsperiodens längd, uttryckt genom det antal dygn under vilka dagstemperaturen i en utjämnad årskurva varit högre än + 3° C, varierar inom de skogklädda delarna av området mellan 150 och 180. Nederbörden

under vegetationsperioden ligger i genomsnitt vid ca 300 mm, men växlar starkt med höjdläget. Detta gäller också årsnederbörden, som i kusttrakterna och inom Storsjö-området ligger något under 500 mm, men som på höga höjder (särskilt i väster) kan närma sig 1 000 mm. Humiditetstalen (enl. Martonne) följer i stort sett nederbörden, så att de högsta registreras på höga höjder (40—48) och de lägsta i kusttrakterna och i Storsjö-området (24—32).

Berggrunden inom området är av varierande beskaffenhet. I fjällkedjan i väster består den av fjällgrönstenar och fjällskiffrar. Fjällrandbildningarna består av sparagmit och kvartsit, vilka särskilt i den sydvästra delen av området täcker avsevärda arealer. Centralt kring Storsjön förekommer ett omfattande område med kambrosiluriska bildningar. Öster härom utgöres berggrunden övervägande av granit och gnejs.

Jordarterna består huvudsakligen av moräner. Inom delar av silurområdet överväger moränleran, i älvdalarna ofta ganska finjordhaltiga sediment. Genom inlandsisens rörelser är jordarterna ofta kalkhaltiga, ej endast på kambrosiluren, utan även i stora delar av det övriga Jämtland samt i angränsande delar av Medelpad och Ångermanland.

## Kap. 2. Skogliga förhållanden

Vid riksskogstaxeringen klassificeras marken i olika skogstyper. Av nedanstående uppställning framgår den procentuella sammansättningen av dessa. Eftersom indelningen något skiljer sig från den som vi senare skall använda återges den närmaste motsvarigheten i det här använda typschemat.

Lavskogar (Skarpa-torra skogstyper) . . . . .	14 %
Mossrika skogar av ristyp . . . . .	} Friska . . . . . 31 % skogstyper . . . . . 40 %
Mossrika skogar med örter och gräs . . . . .	
Sumpskogar (Fuktiga-våta skogstyper) . . . . .	12 %
Övrigt . . . . .	3 %

Som synes dominerar de mossrika skogarna. Att observera är den höga procenten godartade skogstyper, vilket får tillskrivas silurens gynnsamma inverkan.

Skogsmarkens procentuella sammansättning ifråga om Jonson-boniteter är inom regionen följande:

Bonitetsklass Site class (Jonson)					
II	III	IV	V	VI	VII +
0,0 %	2,4 %	16,0 %	44,7 %	25,5 %	11,4 %

Medelboniteten för området anges av riksskogstaxeringen till 3,22 m<sup>3</sup>sk per hektar och år. Regionens totala skogsmarksareal är ca 39 300 km<sup>2</sup>.

Utmärkande för området är den rikliga förekomsten av granskog. Nedanstående uppställning ger en uppfattning om de olika trädbeståndstypernas förekomst.

Ren tallskog ( $\leq 70$ % tall) .....	12 %
Ren granskog ( $\leq 70$ % gran) .....	38 %
Barrblandskog ( $< 10$ % löv) .....	15 %
Barrblandskog (10—70 % löv) .....	28 %
Ren lövskog ( $\leq 70$ % lövträd) .....	1 %
Kalmark .....	6 %

Tallen förekommer som synes endast till mindre del i rena bestånd men i ganska stor utsträckning i blandning med gran och löv.

Den för närvarande inom området växande medelålders och äldre skogen har så gott som undantagslöst uppkommit på naturlig väg efter skogsbränder och stormfällning samt i någon mån efter dimensionsavverkningar. Med undantag för de sista årtiondena har någon egentlig skogsvård vanligtvis ej bedrivits. Avverkningarna hade under tidigare skeden oftast karaktären av blädningsartade ingrepp t. ex. dimensionshuggningar. Detta skogsbrukssätt har medfört en långt driven uttunning av virkesförråden i de äldre bestånden, vilkas tillväxt också kommit att ligga på en låg nivå, särskilt genom den stora förekomsten av gammal, svagväxande gran. Beståndens omloppstider har dessutom blivit onaturligt uttänjda. Ej mindre än 18 procent av skogsmarken inom regionen är bevuxen med bestånd äldre än 120 år (1953—1958 års taxering). Cirka 20 procent består enligt taxeringen av bestånd mogna för slutavverkning. Härtill kommer ca 6 procent rena restskogar, vilkas avveckling är än mer brådiskande. Endast 17 procent av arealen är bevuxen med bestånd yngre än 40 år.

Med tanke på den sneda åldersklassfördelningen inom regionen är det synnerligen angeläget att så snabbt som möjligt omföra de gamla, ofta oväxtliga skogarna till nya livskraftiga bestånd. Enligt »Skogsindustriernas virkesutredning 1958» bör den årliga förnygringsytan f. n. ligga vid 40 000 à 50 000 hektar per år för att skogsbruket inom rimlig tid skall komma i balans. Även om förnygringsarbetet under det sista årtiondet har intensifierats avsevärt torde dock, alla skogsägaregrupper sammantagna, mycket återstå innan dessa årsarealer uppnås.



## II. Fältarbetet och det insamlade observationsmaterialet

### Kap. 3. Taxeringsmetodiken

De skärmar som upptagits i Cellulosabolagets regi finnas alla registrerade på särskilda statistik kort. Vid taxeringsarbetets planläggning genomgicks dessa kort. Endast skärmar med fullständiga uppgifter utvaldes för undersökning. Dessutom uteslöts de allra yngsta skärmarna från taxeringen. Minutiden sattes till tre vegetationsperioder. Vid materialgenomgången visade det sig, att en viss underpresentation förelåg för högt belägna skärmar. Därför fogades till SCA:s material ett tiotal av skogsforskningsinstitutets höjd-lägesskärmar från samma område. Behandlingen av dessa skiljer sig i princip ej från de övriga. De taxerade skärmarnas belägenhet framgår av fig. 5.

Vid materialinsamlingen tillämpades i möjligaste mån objektiva metoder. Inom varje skärmtrakt utfördes sålunda taxering med cirkelytor i kvadrutförband. Arbetet leddes av en jägmästare, som assisterades av tre hantlangare. Det eftersträvades att 50 stycken cirkelytecentra skulle utplaceras. Då skärmtrakternas storlek varierade avsevärt ändrades kvadrutförbandet mellan centrumpunkterna beroende på den uppgivna skärmarealen.

Ingen cirkelyta accepterades, vars centrum föll närmare beståndskanten än 15 m. Cirkelytor, som till någon del föll på inom skärmen befintliga skogliga impedimentområden (sumpområden, berg i dagen o. s. v.) där någon skogsproduktion ej kunde påräknas, uteslöts som taxeringsobjekt. Likaledes uteslöts cirkelytor, som föll inom områden där man vidtagit skogsodling, lämnat ungskogsgropper eller där på något annat sätt en bedömning av förnygringsmetodens ändamålsenlighet omöjliggjordes. Förnygringsresultatet fastställdes inom en cirkelyta med 2 meters radie (12,56 m<sup>2</sup>). Uppgifter om skärmträden insamlades inom en cirkelyta med 10 meters radie (ca 314 m<sup>2</sup>). Dessa provytor benämns i fortsättningen »förnygringsprovyta» resp. »trädprovyta».

På varje förnygringsprovyta utfördes bedömning av skogstypen med hjälp av markvegetationens sammansättning. I skärmar av olika täthet och med varierande förhistoria kan denna ibland vara ganska svår att utföra. Sålunda måste risken alltid beaktas att lavfrekvensen, på grund av »degenerationsprocesser» i marktäcket, är högre än i välvårdade bestånd. Bestämningen skedde i sådana tveksamma fall under aktgivande på vegetationssamhället i intilliggande, tätare beståndsdelar med likartade markförhållanden. Det an-

vända bedömningsschemat ansluter sig i stort till det som utformats av Ene-roth (1936) och vidareutvecklats av Arnborg (1947):

*Fuktighetstyper:*

1. Skarp (Sk)
2. Torr (To)
3. Frisk (Fr)
4. Fuktig (Fu)
5. Våt

*Vegetationstyper:*

1. Lavdominerad ristyp (Lav R)
2. Lingondominerad ristyp (Li R)
3. Blåbärsdominerad ristyp (Bl R)
4. Dryopteris-ristyp (Dr R)
5. Örtristyp (Ö R)
6. Örttyp (Ö)

Kombinationerna mellan ovanstående fuktighets- och vegetationstyper be-nämns i enlighet med gängse terminologi »skogstyper», t. ex. »frisk blå-bärsristyp» (Fr Bl R). Lingon- och blåbärsristypen är varandra rätt när-stående och många övergångsformer förekommer. De kommer därför ofta i det följande att sammanfattas under namnet »ristyp» (R). I vissa fall be-handlas flera skogstypsgrupper sammantagna. För enkelhetens skull beteck-nas detta med ett plustecken efter den i nummerordning första skogstypen om samtliga efterföljande avses. Exempel: Fr Dr R + = frisk Dryopteris-ristyp-, örtris- och örttyp.

Den artsammansättning som kännetecknar de olika här använda skogs-typernas vegetationssamhällen, har beskrivits av Arnborg (1947).

Föryngringsresultatet registrerades i följande tre grupper alltefter växt-substratet:

I. *Det osårade humustäcket.* Härmed avses den markyta inom cirkelperife-rien, som synbarligen ej påverkats genom markberedningen. Alla påträffa-de plantor av tall, gran resp. björk räknades och den högsta plantan av var-dera trädslaget höjdmättes. Dessutom gjordes en särskild anteckning om an-talet av de plantor som bedömdes ha infunnit sig efter skärnhuggningstill-fället, s. k. »nyföryngring». Äldre plantor benämns »beståndsföryngring». Det visade sig emellertid svårt att beroende på skärnhuggningstillfället hän-föra granplantor från det goda fröåret 1954 till rätt kategori. En hel del av dessa hade nämligen förmått överleva några år inne i beståndet i ett dvärgsta-

dium för att sedan efter skärmens tillkomst förete stora likheter med »nyföryngringen». Av denna orsak hänfördes alla granplantor som kunde anses ha uppkommit efter år 1954 till kategorin nyföryngring. Starkt förväxande, äldre plantor av typen »vargännen» registrades ej. Detta gällde även beträffande stubbskottsbjörk. Anteckningar om förekomst av dylik, ej önskvärd underväxt gjordes dock på en särskild blankett gällande hela skärmtrakten.

2. *Markberedningsfläckar*. Vissa inom cirkelytan påträffade markberedningsfläckar undersöktes. Såsom avgörande för om en markberedningsfläck skulle medräknas eller ej gällde den föreskriften att läget av fläckytans tyngdpunkt skulla vara utslagsgivande. Föll denna inom cirkelperiferien skulle hela fläcken undersökas, föll den utanför densamma skulle fläcken ej medräknas. Det måste nämligen ur många synpunkter anses önskvärt att markberedningsfläckarna behandlas såsom enheter. Varje fläck registrerades för sig. Fläckarealen bestämdes genom att mått på den approximativa längden och bredden antecknades. Genom markberedningsaggregatens och hackornas verkningssätt får de flesta fläckar en långsträckt, vanligtvis relativt »fyrkantig» form. Fläckar med en yta mindre än 9 dm<sup>2</sup> registrerades ej. Sådana är mycket sällsynta. Samtliga i fläcken påträffade plantor antecknades. Dessutom mättes den högsta tall-, gran- och björkplantan. Den procentuella täckningsgraden av förekommande fläckvegetation, exklusive plantor, uppskattades okulärt i varje fläck. En liknande bedömning utfördes också beträffande förefintlig fallförna. På var femte cirkelyta utfördes inom var och en av de påträffade markberedningsfläckarna en bestämning av jordarten. Följande grupper användes:

1. Grus, sand
2. Mo
3. Mjåla
4. Grusig, sandig-grusig, sandig morän
5. Sandig-moig morän
6. Moig morän
7. Moig-mjålig morän
8. Mjålig morän
9. Lera, lerig morän

Från centrum i varje fläck uppmättes vidare avståndet till närmaste träd.

3. *Humustorvor m. m.* På en markberedd skogsmark förekommer förutom fläckar och osårad markyta även upp- och nedvända humustorvor och i någon mån även annan areal, som påverkats av markberedningen. Den sam-

manlagda ytan härav uppmättes och antalet påträffade plantor av tall, gran resp. björk antecknades. Den högsta plantan av vardera trädslaget mättes.

\*

På trädprovytan utfördes observationer på de kvarlämnade skärmträden. Sålunda uppräknades antalet tallar, granar och björkar. Inom varje enskild skärm diametermättes vidare minst 60 träd efter ett kvotssystem. Hälften av dessa (dock ej björk) tillväxtbörades samt höjd- och krongränsmättes. Mått på barktjockleken togs även. Åldersspån togs på en viss andel av provträden. Vissa observationer över höjdtillväxten utfördes. Träd som stormfällts efter skärmhuggningen och som påträffades inom trädprovytan registrerades.

Från varje cirkelytecentrum utfördes vidare relaskopmätning av den omgivande skärmens grundyta.

\*

Alla ovan nämnda observationer utfördes så, att de entydigt kunde hänföras till en viss cirkelyta eller en viss markberedningsfläck. Föryngringsresultatet och de förhållanden som kunde anses ha betydelse för detta, infördes i fält på s. k. »streckmarkeringskort», d. v. s. en typ hålkort där observationerna redan från början kodas genom markering i bestämda lägen på kortet. Hålslagningen och den vidare bearbetningen kan sedan ske helt maskinellt. Data, som främst ansågs ha intresse för studiet av skärmträdens tillväxt, infördes på en särskild blankett. Här antecknades också vissa allmänna uppgifter om skärmtrakten.

Det är av vikt att den tid som förflutit efter skärmhuggningen resp. markberedningen fram till taxeringstillfället, är nogt känd. Som senare skall visas har fröfallet — helt naturligt — stor betydelse för plantuppslaget, men då kottsättningen uppträder mycket oregelbundet och fröfällningen är koncentrerad till en ganska kort del av året kommer plantuppslaget, åtminstone beträffande markberedningsfläckarna, att kunna variera kraftigt beroende på den tidsrymd under vilken de varit mottagliga för besåning. Tidsfaktorn angavs därför i halva vegetationsperioder. Skiljegränsen sattes till den 15 juli. Vid denna tidpunkt har tallen vanligtvis avslutat sin fröspridning. Under inventeringssommaren började ej heller barrträdens groddplantor att uppträda förrän efter detta datum.

#### **Kap. 4. Allmänna uppgifter om det insamlade undersökningsmaterialet**

Sammanlagt taxerades 58 skärmtrakter. Inom dessa utlades tillsammans 2 969 cirkelytor med 5 517 markberedningsfläckar. Observationsmaterialet finns arkiverat i form av hålkort med serienummer 59.11.02 resp.

59.12.02. Förutom cirkelytetaxeringen har, för att klarlägga vissa speciella förhållanden, ett antal särskilda undersökningar utförts. För dessa skall senare redogöras i varje särskilt fall. Vad beträffar vegetationsförändringar, hyggesavfallets nedmultning, stormfällning m. m. finns uppgifter i föryngringsavdelningens arkiv från sammanlagt 129 olika skärmar inom breddgradsintervallet  $62^{\circ}$ — $65^{\circ}$  (se även tab. A, sid. 256). Här finns också protokollen från de omfattande borrhånsmätningarna arkiverade (jfr tab. D, sid. 262).

Vissa allmänna data om de taxerade skärmarna återfinnas i tab. 1. Som synes är markberedningen så gott som genomgående insatt i nära anslutning till skärmhuggningen, i ett fåtal fall t. o. m. före densamma. Dessa fall är dock ej så många som kan synas framgå av tabellen, eftersom skärmhuggningsåret hänför sig till avverkningssäsongen höst-vinter-vår, varvid vårens årtal angivits. Beträffande det i tabellen redovisade föryngringsresultatet bör påpekas, att taxeringen i många fall är företagen i ett stadium då föryngringens invandring ännu ej avslutats. De noterade plantantalen får därför ej betraktas som slutgiltiga. Skärmluckornas procentuella fördelning efter höjdläget, tidrymden efter skärmhuggning resp. markberedning samt skärmluckens antal och grundyta per hektar framgår av nedanstående uppställningar:

Höjd över havet, m Altitude, m			
< 200	200—349	350—499	500 +
3 %	31 %	52 %	14 %

Antal vegetationsperioder efter skärmhuggning No. growing seasons after shelterwood setting				
3 —	4 —	5 —	6 —	7 +
5 %	32 %	39 %	20 %	4 %

Antal vegetationsperioder efter markberedning No. growing seasons after scarification					
2 —	3 —	4 —	5 —	6 —	7 +
2 %	18 %	41 %	35 %	0 %	4 %

Tab. 1. Allmänna uppgifter om undersökningsmaterialet.

Skärm- trakt nr Shelter- wood stand No.	Förvaltning e. d. Management unit etc.	Bevakning Ranger district	Höjd över havet Altitude  m	Skärm- hugg- ning år Shelter- wood set year	Mark- bered- ning år Ground scarified year	Vege- tations- typer Type of plant cover	Fukt- typer Moisture conditions
1	Kusten	Västanå	265	1955	1955	2, 3	2, 3, 4
2	»	Lögdö	195	1955	1954	3, 4	3, 4
3	»	»	85	1955	1954	3, 4, 5, 6	2, 3, 4
4	»	Norafors	220	1955	1954	3, 4, 6	3, 4
5	Ljungå	Hällesjö	280	1948	1955	3, 4	3
6	Torpshammar	Stöde	367	1955	1955	2, 3, 4, 6	2, 3
7	»	Sulå	340	1954	1954	3, 4, 6	3, 4
9	Ljungå	Albacken	320	1954	1955	3, 4, 5	3
10	»	»	360	1954	1955	3, 4, 5	3
11	»	Ljungå	255	1954	1955	2, 3, 4	2, 3, 4
12	»	»	270	1954	1955	3, 4	3, 4
13	»	»	360	1954	1955	3, 4, 5	3
14	»	Hällesjö	280	1955	1955	3	3, 4
15	Erikslund	Lillkrog	357	1956	1955	2, 3	2, 3, 4
16	»	»	395	1955	1955	3, 4	2, 3
17	Ånge	Haverö	402	1954	1952	3, 5	3, 4, 5
18	Stavre	Sidsjö	400	1955	1955	3, 4, 5	3
19	Ånge	Alby	295	1954	1955	3, 4, 5	3, 4
20	Erikslund	Lillkrog	350	1954	1955	2, 3	2, 3
21	»	Lillmörtsjö	390	1953	1954	3, 4, 5, 6	2, 3
22	»	»	360	1955	1955	2, 3, 4, 6	3
23	»	Julåsen	455	1949	1952	3, 4, 5	2, 3
24	Ånge	Fåssjö	350	1955	1955	3, 5	2, 3
25	»	Ånge	335	1954	1955	3, 4	3, 4
26	»	Östavall	440	1955	1955	3	3
27	»	»	440	1955	1954	3, 4	3, 4
28	»	Alby	300	1954	1954	3, 4, 5	3
32	Stavre	Sidsjö	380	1955	1955	3, 4, 5	3
33	Bispfors	Överammer	400	1954	1955	3, 4, 5	3, 4
34	»	Kötttsjö	480	1955	1955	3, 4	3, 4
37	Östersund	Österåsen	342	1955	1955	3, 4, 5	3
38	»	»	270	1956	1955	2, 3, 4	2, 3
39	»	Lorås	375	1955	1955	2, 3, 4, 5	3, 4
41	Ånge	Alby	345	1954	1954	2, 3, 4	3
42	S F I	Yta F 17	450	1956	1955	3, 4	3
43	»	F 18	485	1956	1955	3, 4	3, 4
45	Erikslund	Lillkrog	395	1954	1954	3, 4	2, 3
46	S F I	Yta F 14	565	1955	1954	3	2, 3
47	»	F 15	590	1955	1954	3	3
48	»	F 16	470	1955	1954	2, 3	2, 3
50	»	F 9	622	1955	1954	3, 4, 5	3
51	»	F 10	620	1955	1954	3, 4	3, 4
52	»	F 11	500	1955	1954	3, 4, 5	3
53	»	F 13	500	1955	1954	2, 3	2, 3
54	Åsarna	Börtnan	540	1954	—	2, 3	2, 3
55	»	»	505	1954	—	2, 3	2, 3
56	Bispfors	Överammer	225	1954	—	2, 3	2, 3
57	Erikslund	Lillkrog	370	1957	1956	2, 3	2, 3
58	Ånge	Östavall	375	1955	1956	3, 4, 5	3, 4
59	»	Alby	380	1956	1956	3, 4, 5	3
60	»	Östavall	435	1955	1956	3, 4, 5	3
61	»	Alby	450	1956	1956	3, 4, 5	3
63	Erikslund	Julåsen	380	1955	1956	2, 3, 4	2, 3
64	Ånge	Haverö	400	1955	1956	3, 4	3, 4
65	»	»	375	1956	1956	2, 3	3, 4
66	Torpshammar	Stöde	420	1956	1956	3, 4, 5	3, 4
67	S F I	Yta F 26	200	1957	1956	3, 4	3, 4
70	Bispfors	Utane	335	1953	1956	2, 3	2, 3

Bonitet (Jonson) Site class (Jonson)	Skärmträden : Shelterwood trees			Genom- snittlig fläck- storlek Mean spot area m <sup>2</sup>	Antal plantor per markberednings- fläck No. seedlings per scarified spot		Antal plantor/ha osårad humus No. seedlings per hectare unscarified humus layer	
	Ålder år Age years	Stamantal/ha No. trees per hectare			Tall Pine	Gran Spruce	Tall Pine	Gran Spruce
		Tall Pine	Gran Spruce					
V	142	71	0	0.65	2.3	0.0	1 860	130
IV	106	21	297	0.24	0.0	14.2	0	12 460
II—III	102	12	253	0.36	0.0	18.2	40	19 410
II+	124	0	147	0.22	0.0	9.2	20	6 450
V+	141	81	0	0.51	1.9	0.9	3 200	1 440
III—	120	61	99	0.28	0.1	0.6	0	2 060
III	114	32	135	0.22	0.0	7.4	100	4 000
III—	136	72	75	0.19	0.5	0.2	390	4 600
III	105	35	155	0.18	0.3	0.4	130	4 790
IV+	114	160	98	0.48	1.7	0.2	580	1 490
III	119	78	60	0.61	3.9	0.2	510	2 130
II—	107	70	101	0.42	0.6	0.3	110	900
IV—	146	84	28	0.53	1.8	0.2	120	980
IV	101	119	6	0.71	1.9	0.0	1 510	150
IV	96	117	28	0.52	1.1	2.0	440	690
IV+	104	72	0	0.51	2.5	2.5	1 960	1 120
III—IV	117	103	57	0.33	1.2	0.1	890	800
IV	122	20	166	0.48	0.6	2.6	310	8 910
V	124	99	0	0.60	2.4	0.1	320	20
III	135	21	213	0.32	0.1	14.3	40	6 540
III—IV	124	65	35	0.41	1.2	0.2	210	1 050
IV+	109	36	0	0.40	0.5	0.1	1 760	730
III	135	90	12	0.21	0.8	0.1	860	610
III—IV	147	70	109	0.44	1.0	0.7	90	1 100
IV	128	102	0	0.39	0.9	0.2	940	920
III—	128	93	0	0.38	1.3	0.4	5 610	560
IV	111	32	138	0.44	0.6	20.1	260	16 810
III—IV	119	105	205	0.33	0.6	0.1	70	1 940
IV	98	18	141	0.35	0.1	0.3	70	720
IV—	93	32	156	0.13	0.0	0.1	0	710
III—	111	55	133	0.45	0.4	0.2	240	1 240
V—	166	118	42	0.74	1.3	0.2	1 710	520
IV+	104	198	25	0.17	0.2	0.0	460	550
III	133	109	5	0.34	2.0	1.3	370	1 590
IV	171	0	162	0.48	0.0	1.8	0	970
VI	164	0	109	0.41	0.0	1.8	0	1 750
IV+	117	96	10	0.34	0.4	0.0	170	150
VI	139	25	134	0.60	0.1	1.6	0	200
VII	138	4	92	0.43	0.0	1.5	100	760
VI	208	80	48	0.84	0.6	6.3	180	1 470
V	89	0	137	0.41	0.0	2.8	0	1 230
VI	136	0	184	0.56	0.0	2.4	0	720
IV—	109	0	229	0.40	0.0	10.5	0	1 070
V—VI	137	99	0	0.59	0.3	0.6	220	130
VI+	125	165	0	—	—	—	5 130	20
V+	164	263	4	—	—	—	1 430	0
IV—V	140	175	0	—	—	—	2 040	80
V+	119	74	45	0.55	1.6	0.0	630	50
III+	106	60	140	0.53	0.6	0.5	210	1 310
III—	118	87	209	0.46	1.0	0.1	80	1 250
III—	123	110	8	0.49	0.6	0.1	220	110
IV+	123	69	214	0.38	0.1	0.1	250	3 840
III	122	65	22	0.52	0.2	0.0	60	670
IV	100	106	49	0.49	0.5	0.1	40	240
IV—	100	111	22	0.52	0.3	0.1	340	730
III—	122	28	67	0.46	0.1	0.1	40	2 100
III+	117	24	148	0.47	0.5	0.5	20	840
IV	96	116	2	0.60	2.8	0.1	480	160

Stamantal per hektar No. trees per hectare			
< 60	60—159	160—249	250 +
3 %	53 %	32 %	12 %

Grundyta per hektar, m <sup>2</sup> B.A. o.b. per hectare, sq.m.				
< 5	5 —	9 —	13 —	17 +
5 %	53 %	20 %	19 %	3 %

Med ledning av den relaskopmätta grundytan och antalet träd uträknades den genomsnittliga trädgrovleken kring varje cirkelyta. Dessförinnan jämfördes dock den relaskopmätta grundytan med den klavade i de många fall en dubbeluppskattning skett. Det visade sig därvid, att en tydlig tendens förelåg till att höga grundytor något underskattats vid relaskopmätningen. Genom matematisk utjämning av det funna, svagt krökta sambandet mellan de båda mätningsskattningarna registreringar erhöles funktioner, förrättningssmännerna åtskilda, med vilka en korrigering av samtliga relaskopmätta grundytor utfördes.

Sambandet mellan den genomsnittliga skogstypen inom en och samma skärmtrakt och den på samma trakt registrerade Jonson-boniteten visas nedan. Tabellen är upprättad på så sätt, att de olika boniteternas procentuella förekomst på skilda skogstypgrupper beräknats.

Skogstyp Forest site type	Bonitet (Jonson) Site class (Jonson)					Σ %
	II	III	IV	V	VI —	
To R .....				67	33	100
Fr R .....		33	44	11	12	100
Fr Dr R .....	20	50	30			100

Av uppställningen framgår att markens produktionsförmåga visserligen är beroende av skogstypen, men att bonitetsspridningen inom en och samma skogstyp dock är stor.





Fig. 6. Markberedning med »Imset»-kultivator av äldre, i skärmförsöken använd modell.  
Site scarification by means of an "Imset" cultivator of old design used in the experiments.

Föryngringsprovvyternas procentuella fördelning på skogstyper framgår av nedanstående uppställning:

Skogstyp Forest site type					
To R	Fr R	Fr Dr R	Fr Ör	Fu-Våt Moist-wet	Övrigt Others
9 %	65 %	17 %	4 %	3 %	2 %

Som synes dominerar den friska ristypen mycket starkt. De mest godartade skogstyperna samt de fuktiga och våta ingår till blott ringa del. Skarpa och torra, lavdominerade typer saknas helt.

Av markberedningsfläckarna var 83 procent upptagna med maskin och 17 procent för hand. Vid traktormarkberedningen hade två olika typer av aggregat använts, nämligen »Imset»- och »SM»-kultivatorerna (se fig. 6 och 7). Beträffande tekniska data m. m. om dessa maskiner hänvisas till Fredén (1958, s. 397 och 404).

\*

Av uppställningarna ovan framgår i grova drag bl. a. vilka intervall av eventuellt betydelsefulla förhållanden, som taxeringsmaterialet täcker. Beträffande höjdläget saknas observationer i önskvärd omfattning under

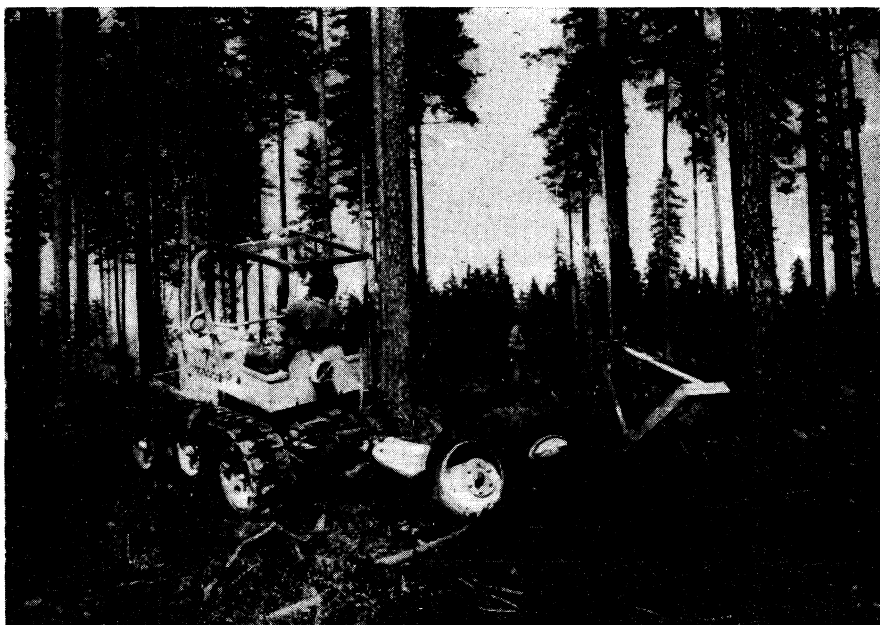


Fig. 7. Markberedning med »SM»-kultivatoren i tallskärm.

Site scarification by means of "SM" cultivator in a shelterwood stand.

200 m. ö. h. Den tid som förflutit efter skärmhuggning resp. markberedning överstiger sällan 7 år. Det skall senare visa sig, att det hade varit förmånligt om också äldre undersökningsobjekt funnits att tillgå. Detta gäller då främst vid studiet av plantuppslaget i det osårade humustäcket.

Skärmtäthetsvariationen är ganska god såväl vad stamantal som grundtyor angår. Vad skogstypen beträffar är materialet mycket starkt koncentrerat till de friska ristyperna. Detta är naturligtvis en nackdel, då våra möjligheter att noga analysera föryngringsresultatet på andra, mer sällsynta marktyper försvåras. Å andra sidan bör naturligtvis vårt intresse främst riktas mot de inom området förhärskande typerna, vilkas procentuella andel av arealen inom hela undersökningsområdet rätt väl överensstämmer med de värden som framkommit vid taxeringen inom skärntrakterna (jfr sid. 19). Genom att registreringarna såväl beträffande skogstyp som skärmens egenskaper alltid går tillbaka på förhållandet i och kring den enskilda föryngringsprovytan resp. markberedningsfläcken, har ett ganska stort antal observationer även utförts inom de mera sällan förekommande skogs- och skärmtyperna.

Som utgångsbestånd för skärmarna har i många fall tjänat äldre, tidigare misshandlade bestånd. I sådana är granens kondition vanligtvis ganska dålig. Träden är ofta — i förhållande till ålder och bonitet — av relativt klena dimensioner. Det måste på goda grunder antas, att sådana trädets fröproduktion

och förmåga att reagera för skärnhuggningsingreppet är sämre än vad ett vårdat och växtligare bestånd skulle kunna uppvisa på samma mark. I bland-skärmarna är av olika orsaker (åldersstadium o. dyl.) tallen ofta av en växtligare typ än granen och vanligtvis, åtminstone inom det sämre bonitetsintervallet, genomsnittligt sett grövst och högst.

I de skärmar som härstammar från gamla restbestånd, är råhumusen ofta tjock och inaktiv, särskilt i höjdlägen (se vidare Hesselman 1937). Detta inverkar sannolikt på föryngringsmottagligheten i marktäcket, så att den i dylika bestånd är lägre än om en mer intensiv skogsvård hade bedrivits.

Trädens fröproduktion har naturligtvis en avgörande betydelse för föryngringsresultatet. På grund härav får det senare antas vara starkt korrelerat med olika egenskaper hos skärmen, t. ex. tätheten och trädstorleken. Provtagningsmetodiken utformades som tidigare beskrivits så, att variationer härvidlag skulle kunna tillvaratagas även inom en och samma skärm. Ett flertal undersökningar (Heikinheimo 1932, Hesselman 1934, 1938) har klarlagt att den direkta vindspridningen av tall- och granfrö över längre sträckor är ganska obetydlig. Huvudparten av fröet faller med andra ord nära moderträdet. Detta måste i särskilt hög grad vara fallet i en skärmställning, där vindhastigheten blir nedsatt. Den omgivande skärmens egenskap som föryngringsalstrare bör därför ganska väl ha beskrivits genom registrering av skärmträden inom 10 m från cirkelytecentrum.

Det är dock ofrånkomligt att vindspridningen måste verka nivellerande på besåningsintensiteten i olika delar av en och samma skärmställning. Under förutsättning att fröproduktionen per träd är oberoende av skärmtätheten bör fröfallet i de glesaste delarna därför antas vara högre och i de tätaste lägre än vad som direkt utsäges av trädantalet. Å andra sidan är det sannolikt att träden i skärmens glesare delar även tidigare stått relativt glest och av denna anledning har kronor, som är bättre lämpade för kottproduktion än de mera tätstående träden (jfr Lehto 1956). Vad slutresultatet blir av dessa, varandra motverkande förhållanden är svårt att bedöma. Genom att mått tagits såväl på skärmens täthet som på trädstorleken finns dock möjligheter att vid materialbearbetningen granska den eventuella effekten härav.

### III. Vissa följder av skärnhuggning och markberedning

#### Kap. 5. Markvegetationens förändring efter skärnhuggning

Vid skärnhuggningsingreppet förändras markvegetationens livsbetingelser ofta radikalt. Detta resulterar i en mer eller mindre utpräglad modifiering av dess artsammansättning och yppighet. Författaren har i ett stort antal skärmar fört anteckningar över dessa förändringar. På grund av tidsbrist kunde dock ej några noggrannare observationer utföras över förekomsten av olika växtarter, deras täckningsgrad o. s. v. Registreringarna avsåg därför framför allt de ändringar av markfloran i det osårade humustäcket vars ytterlighetsfall den vegetation utgör, som man efter en tid finner på helt kala hyggen (jfr tab. A).

Under de första åren efter skärnhuggning i någorlunda slutna ursprungsbestånd ger sig de ändrade förhållandena i markytan emellertid främst till känna genom att bärrisen, särskilt *Vaccinium Myrtillus*, förlorar i växtkraft. På torra växtplatser, t. ex. ovanpå stenar och stubbar, torkar bärris-vegetationen ofta helt. Även mossorna, särskilt *Pleurozium Schreberi* och *Hylocomium splendens* går påtagligt tillbaka.

På den *torra ristypen* dröjer det sedan vanligen 3 à 4 år innan någon tydlig vegetationsförändring i riktning mot den som är vanlig under hyggesfasen ger sig tillkänna, oftast då i form av ett glest uppslag av *Deschampsia flexuosa*. I äldre skärmar inom skogstypens bättre intervall kan gräsförekomsten bli rikligare. På den *friska ristypen* ökar *Deschampsia flexuosa* ofta starkt i omfattning. I glesare skärmar kan gräsväxten med tiden bli riklig och man finner då även *Calamagrostis arundinacea* och *C. canescens* samt *Deschampsia caespitosa*. Dessutom uppträder enstaka exemplar av *Epilobium angustifolium* och *Rubus idæus*. Mer yppiga utvecklingsskeden präglas, förutom genom förekomst av ovanstående arter, av mer eller mindre riklig vegetation av *Rubus saxatilis*, *Luzula pilosa*, *Geranium silvaticum*, samt gräsen *Melica nutans* och *Agrostis tenuis*. Inom skogstypens bättre intervall, särskilt på silurmarker, finner man ibland en rätt yppig vegetation av *Lathyrus*- och *Vicia*-arter, främst då *Lathyrus pratensis*, *Vicia Cracca* och *Vicia silvatica*. *Fragaria vesca* kan också förekomma rätt rikligt. På den *friska Dryopteris-ristypen* och de mer *örtrika skogstyperna* sker dessa vegetationsförändringar mycket snabbt. Först ökar även här *Deschampsia flexuosa* i omfattning. En mängd andra växtarter uppträder emellertid nära nog samtidigt rikligt — ymnigt. Förutom *Deschampsia flexuosa* domineras gräsväxten liksom på frisk ristyp av *Calamagrostis arundinacea* och *C. canescens* samt *Deschampsia caespitosa*. Av rik-

ligt förekommande örter bör särskilt *Rubus idæus*, *Rubus saxatilis* och *Epilobium angustifolium* nämnas, och av ormbunkar *Dryopteris linneana* och *D. spinulosa*, samt *Thelypteris Phegopteris*. I skärmar på godartade skogstyper, belägna inom områdets östligaste delar, observerades ofta efter skärmhuggningen ett tätt uppslag av *Sorbus aucuparia*.

Nedanstående uppställning ger en uppfattning om den hastighet varmed vegetationsförändringar uppträder på skilda skogstyper. Den har tillkommit så, att skärmarna först grupperats på olika skogstyper och sedan inom dessa i grupper beroende på tiden efter skärmhuggning. I var och en av dessa beräknades sedan frekvensen skärmar i procent vilka företedde en tydlig modifiering av markvegetationen i riktning mot hyggesfasens. Täthetsintervallet är 100—199 stammar per hektar.

Skogstyp: Forest site type:	Antal vegetationsperioder efter skärmhuggning: No. growing seasons after shelterwood setting:					
	2	3	4	5	6	7
To R .....	0	0	11	0	33	50
Fr R .....	0	0	33	44	60	—
Fr Dr R .....	0	100	100	—	—	—

Som synes föreligger stora skillnader de olika skogstypsgrupperna emellan. Redan tredje vegetationsperioden efter skärmhuggningen kunde tydliga förändringar iakttagas i samtliga skärmar på *Dryopteris*-ristypen men först under fjärde året på den torra och friska. Ännu efter 6 år saknade dock en stor del av de besökta skärmarna på dessa senare skogstyper märkbara vegetationsförändringar.

Grupperas skärmarna på samma sätt efter tätheten erhålles följande uppställning:

Skogstyp: Forest site type:	Trädantal per ha: No. trees per hectare:			
	< 100	100—149	150—199	200 +
Fr R .....	60	50	38	7
Fr Dr R .....	—	100	67	67

Det är tydligt, att på frisk ristyp skärmar med 200 stammar per hektar eller mer är så slutna, att markvegetationen ej ändras nämnvärt genom ingreppet (jfr Grinndal 1911). Vid ökande gleshet blir dock markförvildningen allt-

mer märkbar. Även i mycket glesa skärmar är det emellertid rätt vanligt, att vegetationsförändringar i stor sett uteblir. Orsaken här till är sannolikt att söka i beståndshistoriska förhållanden. Många av skärmarna har uppkommit ur sedan länge ganska glesa bestånd. I dessa har redan ett rätt stabilt växtsamhälle utbildats, som är relativt okänsligt för ytterligare slutenhetsförändringar. Näslund (1955) har vid tillämpning av skärmföryngringsmetoden på Siljansfors försökspark funnit, att man genom en långsam utglesning av skärmarna kan undvika allvarlig markförvildning. Av sammanställningen ovan framgår dock att på goda marker inte ens täta skärmar hindrar uppkomst av frodig markvegetation.

### Kap. 6. Markberedningsfläckarnas igenväxning

Det kan antas, att den snabbhet med vilken föryngringsmottagligheten förändras i markberedningsfläckarna, står i nära samband med den vegetationsinvandring som kan iakttas i dem. Det måste därför vara av stort intresse, att med hjälp av de utförda bedömningarna av igenväxningen studera den takt, varmed vegetationsinvandringen sker under olika förhållanden. I de cirkel-ytetaxerade skärmarna är förekomsten av fläckar i olika åldersstadier begränsad till ett relativt snävt tidsintervall. Vid taxeringsarbetet var det heller ej möjligt, att utföra någon noggrannare beskrivning av fläckvegetationens artsammanställning. För att erhålla bättre kännedom om de växter som etablerar sig i fläckarna, när de olika arterna uppträder i tiden, och med vilken takt igenväxningen sker på olika skogstyper, har författaren därför kompletterat dessa undersökningar genom att utföra fältstudier i ett större antal skärmar av varierande ålder. Det insamlade materialet är ganska omfattande. En uttömmande redogörelse för resultaten är därför rätt utrymmeskrävande. I detta sammanhang skall därför endast en kortfattad redogörelse lämnas för de mest beaktansvärda dragen i vegetationsinvandringen.

\*

Den växtart som på frisk mark först av alla etablerar sig i fläckarna är *Polythricum communis*. Redan vid slutet av första året kan man vanligtvis upptäcka en mängd små exemplar. Tillväxthastigheten och täckningsgraden synes stå i nära samband med fuktförhållandena så att växten utvecklar sig snabbast där vattentillgången är god. Särskilt besvärande kan den därför bli på flacka, finjordshaltiga marker i höjdlägen med hög nederbörd. I sådana fall kan på 2 à 3 år en mer än decimetertjock tät mosspäls bildas i de mest utsatta markberedningsfläckarna. Björnmossan utgör i själva verket säkerligen det allvarligaste föryngringshindret i dessa. I Norge har Germeten (1947) studerat markvegetationen i markberedningsfläckar. Han fann därvid att björnmossan kunde växa upp till 6 cm per år. *Luzula pilosa* hör också till fläckarnas

pionjärväxter. Under de första åren är exemplaren rätt små, men utvecklas med tiden kraftigt. Något föryngringshinder av betydelse utgör växten sannolikt ej. Efter några år minskar förekomsten, och frodigheten blir också sämre, troligen en följd av konkurrens från andra växtarter. En av de första karaktärsväxterna i fläckar på de torrare markerna är *Polythricum juniperinum*. Dess täckningsgrad är i allmänhet ganska låg.

Nästa fas i vegetationsinvandringen brukar bestå i att små plantor av allehanda bärris uppträder, delvis frösådda, delvis som uppslag från jordstammar. Mycket små exemplar av *Calluna vulgaris* finner man också och dessutom brukar mineraljorden fläckvis vara täckt av *Funaria hygrometrica* och andra lågmossor. I en senare fas invandrar *Deschampsia flexuosa*, som dock, åtminstone i tätare skärmar, utvecklas ytterst långsamt. *Linnea borealis* sprider sig ofta med rebor in i fläckarna, och kan bilda kompakta och sannolikt starkt föryngringshindrande mattor.

Friskmossor uppträder på ett relativt sent stadium, dels i form av kantinvandring, dels genom uppslag här och var. På torra marker kan *Empetrum nigrum* sprida sig från kanterna och med tiden bilda täta, sammanhängande mattor. Invandringen sker dock på ett ganska sent stadium. På mera godartade marker uppträder *Veronica officinalis* ofta med hög täckningsgrad.

Förutom de ovan nämnda växterna, som synas ha den största betydelsen för igenväxningsprocesserna, uppträder naturligtvis en mängd andra arter. Särskilt på de friska och mera godartade skogstyperna finner man med tiden allehanda örter, som tillsammans kan bilda mycket täta samhällen.

\*

I fig. 8 a visas för vissa skogstyper sambandet mellan tiden efter markberedningen och igenväxningen. Diagrammet gäller skärmar under 450 m. ö. h. och belägna inom breddgradsområdet 62°—65°. Någon uppdelning på skärmtyper och täthetsgrupper har ej utförts, varför sambandet får anses gälla i materialets centrala delar, t. ex. vid ca 150 stammar per hektar. Utmärkande för alla skogstyper är, att fläckarna ligger så gott som helt fria från vegetation under det första året. Redan under den andra vegetationsperioden är täckningsgraden dock påtaglig på bördiga marker. Fläckar på de torra typerna ligger vegetationslösa även under detta år. Härefter sker igenväxningen ganska likformigt och oberoende av skogstypen. Den streckade linjen i figuren återger genomsnittssambandet för alla skogstyperna under förutsättning att igenväxningen under det första året = 0. Linjen når gränsen för full igenväxning vid 8:de vegetationsperioden. Antar vi med stöd av figuren, att detta, må vara med grov approximation, bör stämma överens med vad vi har att vänta på frisk ristyp, synes markberedningsfläckar på frisk Dryopteris-ristyp vara helt igenvuxna redan efter 6 à 7 år och på torr ristyp efter 9 à 10 år.

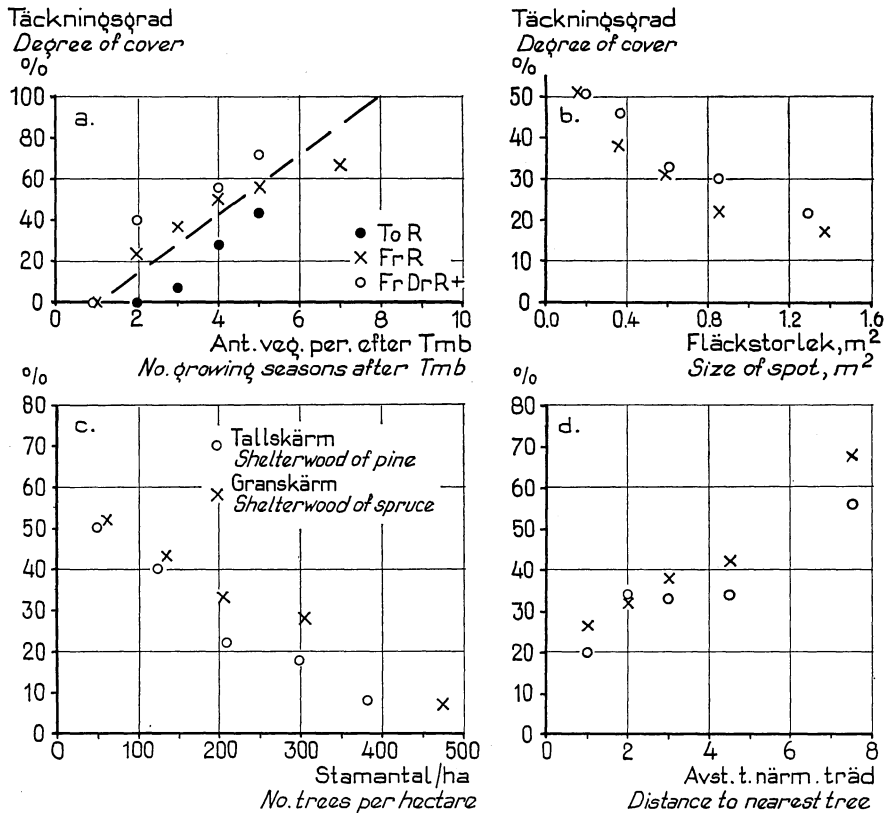


Fig. 8. Fläckvegetationens täckningsgrad och dess beroende av olika förhållanden.  
Degree of plant cover (mosses, blueberry shrub, grass etc.) in the scarified spots in relation to various conditions.

Igenväxningen sker avsevärt snabbare i små fläckar än i stora. Detta framgår av fig. 8 b, som visar förhållandet efter 4 år i cirkelyteterade skärmar på frisk blåbärsristyp, 200—399 m. ö. h. Som synes är igenväxningsförhållandena mycket likartade i tall- och granskärmar. Markvegetationens täckningsgrad i fläckar på 0,2 m<sup>2</sup> är i detta fall 2,5 gånger så stor, som i fläckar på 1,0 m<sup>2</sup>.

Även skärmtätheten har utomordentligt stark inverkan på igenväxningsprocesserna. Fig. 8 c skildrar förhållandet härvidlag inom samma grupp skärmar som ovan. Vid stamtätheter på 300—400 per hektar är fläckvegetationens täckningsgrad endast en tredjedel av förhållandet vid 50 stammar per hektar. Skillnaderna mellan tall- och granskärmar kan bero på, att fläckarna i de senare genomsnittligt är något äldre.

Fig. 8 d visar resultatet av en annan gruppering av samma skärmar, som dock endast omfattar täthetsintervallet 130—190 stammar per hektar. Här



åskådliggöres igenväxningens samband med avståndet i meter till närmaste träd. Fläckvegetationens täckningsgrad är minst nära trädet. Fläckar, som ligger längre bort, har en avsevärt tätare vegetation. Sambandsförloppen för tall- och granskärmar är varandra mycket likartade. Att igenväxningen visat sig lägst helt nära trädet är ej ägnat att förvåna, eftersom markvegetationens livsbetingelser här måste vara särskilt ogynnsamma. I en vidare zon runt trädet dämpas växternas utvecklingsmöjligheter på ifrågavarande skogstyp säkerligen av rotkonkurrensen från detta och i någon mån även av beskuggning. Dessa hämmande faktorerers inverkan avtar emellertid successivt så att till slut fläckvegetationen kan utvecklas i fullständig frihet. Av diagrammet synes man kunna dra den slutsatsen, att skärmträdens hämmande inverkan på denna skogstyp och i detta höjdläge har stor betydelse åtminstone intill 5 meter från stammen. De här påvisade olikheterna ifråga om igenväxning på olika avstånd från skärmträden fäster därför uppmärksamheten på det förhållandet, att markberedningsfläckarna även i så glesa skärmar som 100 stammar per hektar, ligger öppna under längre tid än på hyggen med glest stående fröträd. Om föryngringsmottagligheten återspeglas av igenväxningen kan den effektiva besåningstiden därför väntas vara påtagligt längre i en markberedning under en någorlunda tät skärm än i en gles fröträdsställning, något som med tanke på fröproduktionsförhållandena inom det här aktuella området måste ha viss betydelse.

Höjden över havet synes av utförda grupperingar att döma ha en klar, om ock ej särskilt starkt inverkan på igenväxningsprocessernas förlopp. Dessa försiggår synbarligen något långsammare på höga nivåer.

### Kap. 7. Förnafallet

Samtidigt med att markvegetationen efter hand vandrar in och täcker markberedningsfläckarna faller också barr, löv och allehanda växtdelar över fläckytan. Detta organiska material bidrar också säkert till att försämra föryngringsmottagligheten.

Vid undersökningen uppskattades, som tidigare nämnts, täckningsgraden av sådan s. k. fallförna. Det visade sig snart att denna bedömning var svår att utföra, särskilt i äldre markberedningar med starkt igenvuxna fläckar. I fig. 9 visas förnafallets genomsnittliga täckningsgrad, och dess beroende av olika förhållanden. Den omfattar tall- och granskärmar på frisk blåbärsristyp, 200—399 m. ö. h. och 4,5—6,0 vegetationsperioder efter markberedningen.

Som väntat har stamantalet stor betydelse för förnafallet. Vid 400 stammar per hektar var täckningsgraden omkring tre gånger så hög som vid 50 stammar per hektar. Fläckstorleken inverkar så, att täckningen är högre i små fläckar än i stora. Detta beror sannolikt på att fallförnan genom smältvatten,

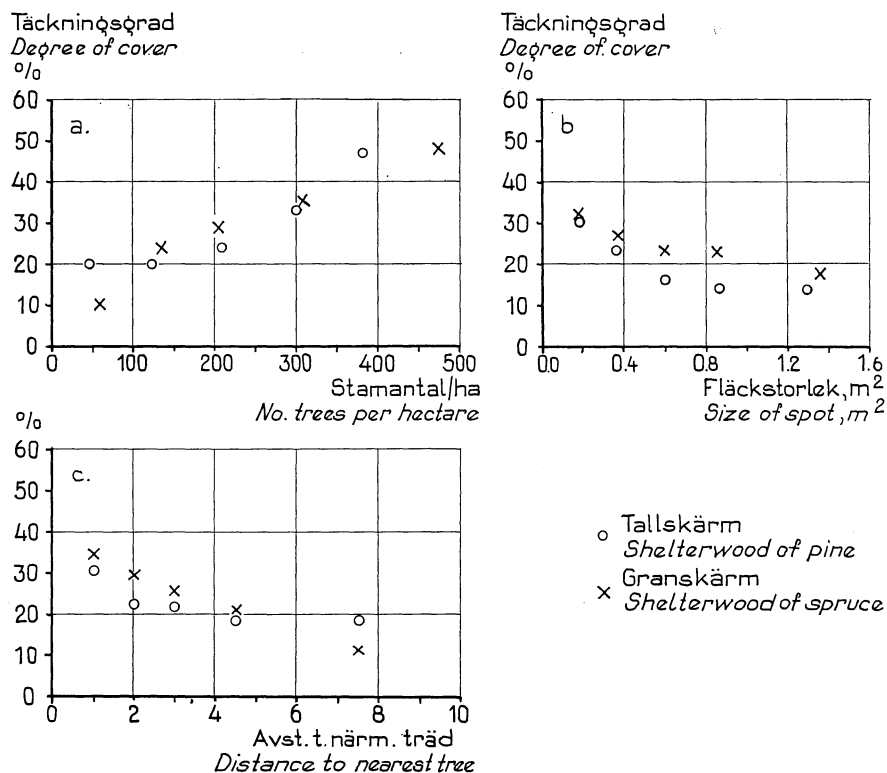


Fig. 9. Fallförmans täckningsgrad i markberedningsfläckar och dess beroende av olika förhållanden.

Degree of cover of litter in the scarified spots in relation to various conditions.

regn och vindar samlas i svackor o. dyl. i fläckarna, ett förhållande som är mer utpräglat i stora än i små. Stora fläckar mottar också per ytenhet förhållandevis mindre förna från omgivande markvegetation. Förfallet är naturligt nog starkt beroende på avståndet till närmaste träd. Detta har efter ca 4 vegetationsperioder dubbelt så hög täckningsgrad på en som på fem meters avstånd.

Efter 3,5 vegetationsperioder var fallförmans genomsnittliga täckningsgrad ca 20 procent; efter 5 vegetationsperioder hade det stigit till ca 30. Skogstypen synes ha en relativt svag inverkan. Orsaken här till kan vara att förfallet visserligen är högre på de bättre markerna, men att nedbrytningen också går snabbare på dessa. På de frodigaste skogstyperna uppmättes dock en något högre täckningsgrad än på de magraste. Sannolikt av samma orsak är höjdläget endast svagt negativt korrelerat med förfallets storlek.

### Kap. 8. Skärmen som frostskydd

I en granskärm väster om Ånge, med cirka 170 stammar per hektar, som markberetts omedelbart före granfröåret 1954, upptogs två år senare på försök ett kalhygge. Avsikten var att utröna de då rikligt förekommande, unga granplantornas möjligheter att överleva och utvecklas under hyggesförhållanden. Under juni månad år 1959 inträffade vid ett par tillfällen kraftiga nattfroster, vilka ledde till att starka skador uppstod på de exponerade plantorna. I den omgivande orörda granskärmen kunde däremot inga defekter upptäckas. Det kan nämnas att redan Grinnal (1911) gjort samma iakttagelse i en mellansvensk skogstrakt.

För att få en klarare bild av det inträffade, utlades några parallella taxeringslinjer, som vinkelrätt skar över den beståndskant, vilken skiljer hygget från den ännu oavverkade delen av skärmen. I alla invid taxeringslinjerna påträffade markberedningsfläckar uppräknades antalet frostskadade och icke frostskadade plantor. Resultatet av undersökningen skildras i fig. 10.

Av denna framgår, att frekvensen skador ute på kalytan var stor, under det att inga som helst defekter registrerades inne i skärmen. Beståndet utövar ännu 15—20 meter från hyggeskanten en viss frostdämpande verkan, ett sedan länge känt förhållande (se t. ex. Geiger 1926). Även om plantorna ute på kal-

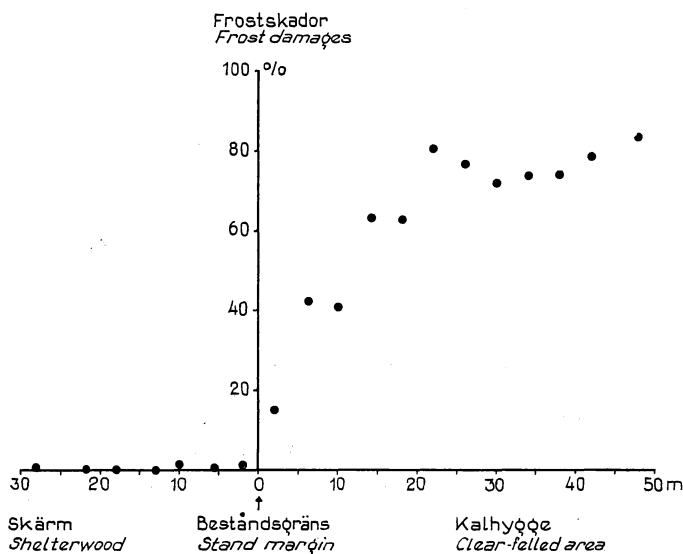


Fig. 10. Förekomsten av frostskadade granplantor på olika avstånd från beståndsgrens mellan skärm och kalhygge (jfr text).

Occurrence of spruce seedlings damaged by frost at various distances from the margin between shelterwood and clear-felling.

ytan var avsevärt frodigare än inne i skärmen var medelhjöden där lägre, 15,1 cm, mot 19,3 cm i skärmen ( $F = 5,37^*$ ). Skillnaden måste i detta fall tillskrivas frostens skadeverkningar.

Planttätheten i markberedningsfläckarna visade sig vid taxeringen avsevärt högre inne i skärmen än ute på kalhygget. Avgången kan förklaras på olika sätt. I detta fall måste dock uppfrysningen tillmätas den avgörande betydelsen. Då hygget togs upp var fläckarna endast ett par år gamla, varför igenväxningsprocesserna knappt hade börjat (jfr fig. 8 a). Eftersom marken är rätt finjordshaltig torde säkerligen uppfrysningsprocesser genast ha uppstått i de exponerade fläckarna. Detta fick till följd, att en stor del av de små, ännu dåligt rotade plantorna lyftes upp ur underlaget. Ännu hösten 1959 observerades uppfrysning i en del av fläckarna ute på kalytan, trots att nu 5 år förflutit sedan markberedningstillfället. Inne i skärmen kunde däremot inga som helst uppfrysningsfenomen iakttas, och fläckarna var till allra största delen täckta av vegetation. Senare har ytterligare delar av skärmen avverkats, men någon uppfrysning kan numera ej iakttas på dessa tillkomna kalytor. Plantornas överlevelseförmåga vid friställning är därför avsevärt bättre än tidigare (jfr Vaartaja 1950, s. 106, Crossley 1952).

Det är tydligt, att det, åtminstone på en finjordshaltig mark som denna, är olämpligt att alltför tidigt utsätta små, under skärm uppspirande plantor för de påfrestningar som de möter vid en plötslig avverkning. Eftersom förnygringen har förmåga att kvarleva inne i skärmen under ganska många år, är det sannolikt i de flesta fall förmånligt att dra nytta av dess skyddande inverkan till dess att plantorna hunnit nå en viss utveckling. Fläckarna blir då samtidigt täckta av uppfrysningshindrande vegetation.

Frostskador drabbar vanligtvis endast gran. För uppfrysning är däremot även tallen utsatt, men iakttagelser från detta och andra försök pekar på att tallen dock är avsevärt tåligare i detta avseende. Orsaken härtill kan vara, att tallen efter skärmens avveckling ökar sin tillväxt snabbare än granen, vilket medför att rotfastheten också förbättras hastigare (jfr Vaartaja 1951).

## Kap. 9. Stormfällningsrisken

Under den kraftiga, nordvästliga storm, som drog fram över mellersta Norrland på senhösten 1958, uppstod på sina håll skador på skogen. I skärmställningar belägna inom ett område, som omfattar delar av Medelpad och södra Jämtland, fälldes en del träd. I viss mån var också nordvästra Jämtland och angränsande delar av Lappland och Ångermanland utsatta. Som en följd av att stormskador uppstått på skärmarna, har det kunnat undersökas, i vilken mån någon systematisk tendens i skadornas uppträdande förekommer och om man i så fall kan dra några värdefulla slutsatser härav.



Fig. 11. Vid storm blir i glesa skärmar påfrestningarna avsevärda på de enskilda träden.  
The individual trees in open shelterwood stands are subject to considerable forces at storm.

Registreringen av stormfällda träd skedde dels vid cirkelytetaxeringen, dels subjektivt vid den särskilda inventering av ett större antal skärmar som författaren utfört (jfr tab. A). Genom att den subjektiva bedömningen också skett i de taxerade skärmarna har säkerheten hos denna kunnat bestämmas. En jämförelse med detta syftemål visade, att okulärbedömningen genomsnittligt sett slagit så gott som exakt rätt. De traktvisa avvikelserna mellan bedömd och taxerad stormfällning var ej heller särskilt stora.

I fig. 12 visas en sammanställning av okulärbedömningens resultat. Stormfällningen har därvid uttryckts i fällt antal träd per hektar inom skärmar av olika täthet före skadegörelsen. Inom varje skärmtäthetsgrupp har frekvensen skärmar med olika starka stormskador beräknats. Endast sådana skärmar har medtagits, som ligger inom de ovan nämnda, stormhärjade områdena.

Som synes var skadorna i det nordligaste området (B) av betydligt mindre omfattning än i det södra (A). Av figuren framgår att frekvensen helt oskadade skärmar är störst först och främst i det stamtätaste intervallet, men också de glesaste skärmarna har klarat sig relativt bra. Starka stormskador, t. ex. mer än 10 fällda stammar per hektar, förekommer huvudsakligen i skärmar med stamantal under 200. Uträknas det genomsnittliga stormfällda stamantalet per

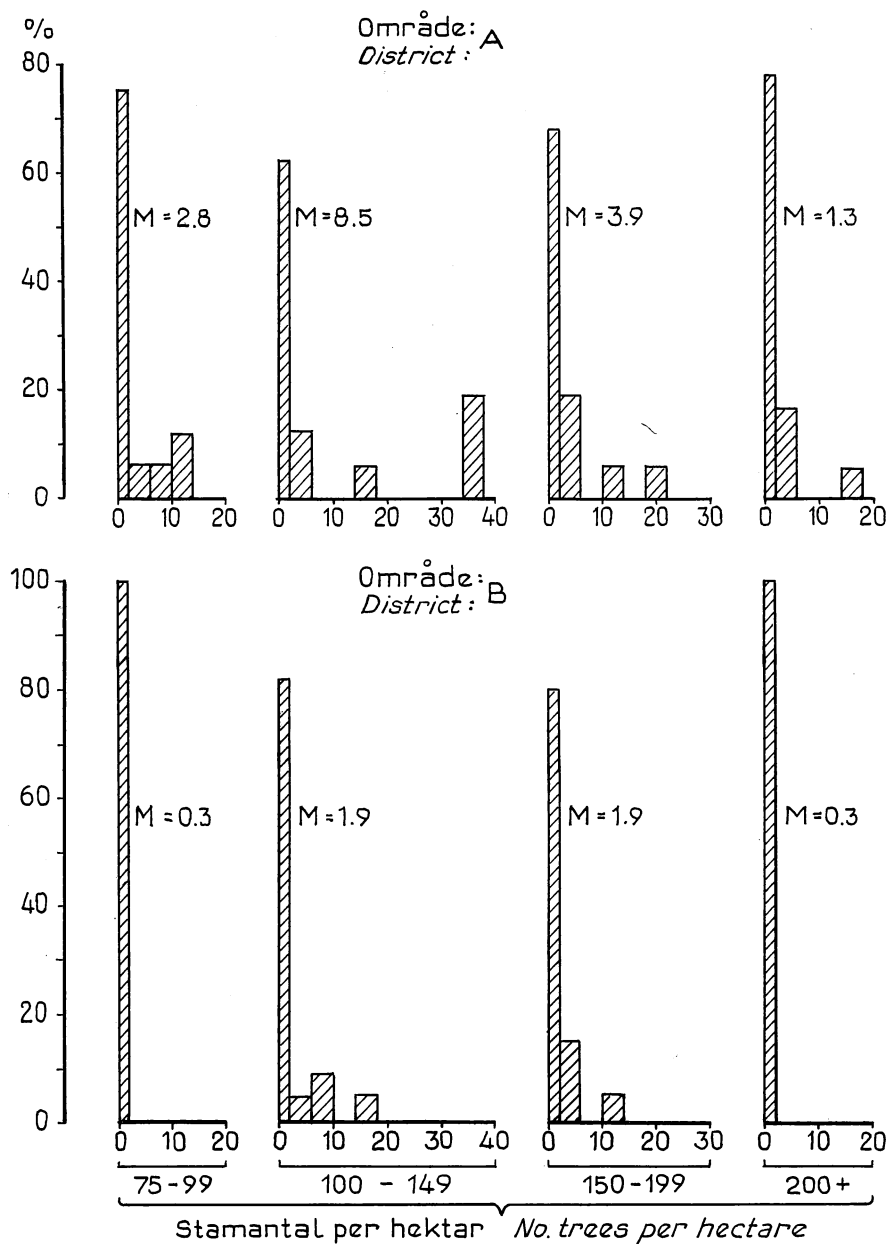


Fig. 12. Antalet stormfällda skärmtred per hektar inom ett relativt starkt härjat område (A) och ett område med mindre skador (B). För vardera området visas det genomsnittliga antalet fällda träd per hektar (M) i olika skärmtäthetsintervall samt inom samma intervall även frekvensen skärmar med skador av varierande omfattning.

No. shelterwood trees per hectare windthrown in an area quite heavily hit (A) and in an area with less extensive damages (B). The mean no. trees windthrown per hectare (M) at varying density of shelterwood is shown for each area as well as the frequency of shelterwood stands with damages of varying extent.



Fig. 13. Starkt stormskadad granskärm på flack, ytfuktig mark. Frisk-fuktig, örtrik skogstyp.

Heavily wind-torn shelterwood stand of Norway spruce on flat, superficially moist location. Forest site is fresh-moist and herbaceous.

hektar för område A finner man, att de största skadorna uppkommit i skärmar med 100—149 stammar. Som nummer två i ordningen kommer gruppen 150—199. Även i det mindre starkt stormpåverkade området B ligger dessa två täthetsgrupper högst ifråga om skadefrekvens.

Orsaken till att de glesaste skärmarna klarat sig så förhållandevis bra mot skador beror sannolikt främst därpå, att beståndshistoriken i dessa vanligtvis skiljer sig från de övriga. Utgångsbestånden har i dessa fall mestadels varit ojämna och de nuvarande skärmträden, uteslutande tall, har haft överståndarkaraktär. Träden i dessa skärmar har därför sannolikt haft de bästa möjligheterna att successivt bygga upp sin stormfasthet.

Försök har gjorts att utröna om trädstorleken har någon inverkan på stormfastheten. Utförda grupperingar har dock ej givit något klart utslag för att så skulle vara fallet. En sammanställning av cirkelytetaxeringens registreringar visar att skillnaden mellan tall och gran beträffande andelen fällda träd är rätt liten. Inom det starkast stormhärjade området blev den genomsnittliga frekvensen fällda träd för tall 3,6 procent och för gran 5,1 procent. Granen förekommer dock i genomsnittligt tätare skärmar än tallen. Det kan tilläggas, att man ej heller på Siljansfors försökspark i Dalarna funnit några större skillnader mellan tall och gran i detta hänseende (Näslund 1955).

De allra starkaste stormskadorna har ändå uppstått i granskärmar, nämligen sådana som uppkommit ur tidigare mycket stamtäta bestånd (jfr fig. 13). Om man ej kan behålla en avsevärd slutenhet är därför granbestånd av denna typ olämpliga för skärmhuggning. Skadorna synas bli särskilt svåra på plana, finjordsrika och därigenom ytfuktiga marker, där trädens rotsystem är mycket grunt. Det dåliga markfästet medför att man här måste ha större krav på skärmtätheten än annars. Samma sak gäller i andra liknande fall, t. ex. på hållmarker eller på de starkt skifferhaltiga moräner, som förekommer i fjälltrakterna. Granar, som tillhör de lägre trädklasserna, bör av många orsaker ej kvarlämnas i skärmen. Även stormfasthetsskäl talar för detta, eftersom rotsystemet hos sådana träd vanligtvis är mycket ytligt vilket medför dåligt markfäste.

Expositionen har stor betydelse för stormfällningen. Nordvästsluttningar var genomgående de starkast utsatta. Skärmar, vilka gränsar mot kalytor, får främst stormskador vid hyggeskanten, särskilt om det föregående huggningsingreppet varit starkt.

Den starkaste stormfällning som konstaterats ovan har skett i skärmar, vilka åstadkommits genom en mycket stark utglesning av utgångsbeståndet. Vid användning av skärmföryngringsmetoden i framtiden kommer man sannolikt att arbeta med bestånd vilka successivt uttunnas. De enskilda träden bör då uppnå en bättre stadga än vad som här varit fallet. Risken för stormskador kommer därigenom säkerligen att minska, särskilt när det gäller de stamtätheter, som i föreliggande fall visat sig känsliga. Även vid skärmhuggning av beståndet med den beskaffanhet som man finner i dag, bör risken för stormskador kunna minskas avsevärt om man håller skärmarna relativt täta. Undantas bestånd växande på olämpligt underlag och med olämpliga trädtyper, bör man kunna vänta sig en ganska god stormhårdighet hos skärmställningar med mer än låt säga 180 stammar per hektar. Vid skärmhuggning i redan kontinuerligt gallrade eller av andra orsaker glesa bestånd bör skärmen utan större risk kunna göras ännu stamfattigare.



### Kap. 10. Hyggesavfallets nedmultning

Skärnhuggningsingreppet, samt den i anslutning därtill företagna bottenröjningen, medför att marken översållas med allehanda hyggesavfall. Sådant färskt ris kan verka starkt hindrande, om markberedning skall företas. Förmultningsprocesser kommer emellertid snabbt igång, varför risets besvärande inverkan så småningom avtar.

Ur markberedningsteknisk synpunkt är det därför av intresse att veta med vilken takt hyggesavfallet nedbrytes. För att få en uppfattning om detta utfördes i de 129 besökta skärmställningarna bedömningar av det omvandlingsskede i vilket hyggesavfallet befann sig (jfr tab. A). Som hjälpmedel användes följande bedömningschema:

- 1: Färskt, grönt hyggesavfall.
- 2: Tallbarren kvarsittande, men bruna och torra. Granbarren nyligen avfallna.
- 3: Tallbarren till största delen avfallna. Riset torrt men obetydligt hopsjun-

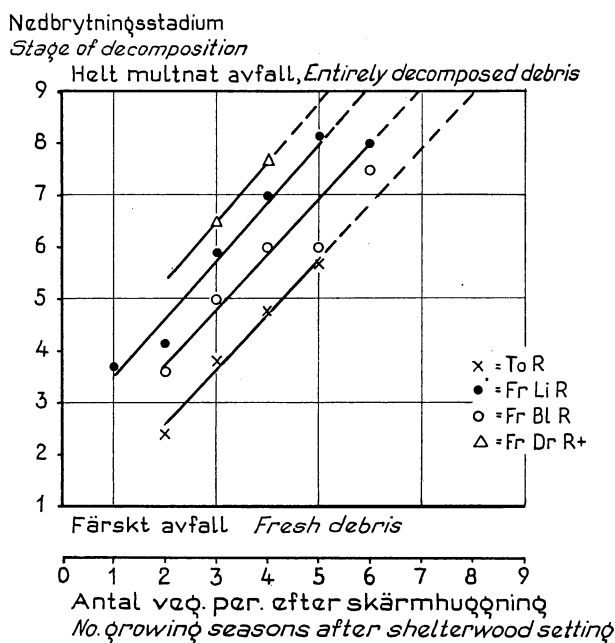


Fig. 14 Sambandet mellan tidsfaktorn och det vid skärnhuggningen bildade hyggesavfallets nedbrytning (jfr text).

Relationship between time and the degree of decomposition of debris left after the setting of shelterwood.

- ket. (Med »ris» avses avhuggna grenar och smärre nedhuggen underväxt).
- 4: Mellangrad. Tallriset bräckligt.
- 5: Granriset bräckligt. Riset tydligt hopsjunket.
- 6: Mellangrad.
- 7: Hopsjunkningen mycket kraftig. Riset döljes till största delen av gräs och bärris. Kvistar, sittande på ovansidan av kvarlämnade toppar, och grövre icke kvistad, nedhuggen underväxt, är dock väl synliga ovan markvegetationen.
- 8: Mellangrad.
- 9: Hyggesavfallet helt nedmultnat. De enda spåren av huggningen är nu kvarliggande stamdelar från toppar, lump och dylikt samt sådant avfall som kommit att ligga särskilt torrt och luftigt, t. ex. ovanpå stenar och stubbar.

I fig. 14 visas en sammanställning av de utförda bedömningarna. Materialet har därvid grupperats över tiden efter skärmhuggningstillfället och avser alla höjdlägen under 500 m. ö. h., 62°—64° NB. Någon klar inverkan av höjdläget har ej kunnat konstateras. Det måste dock antas, att skillnader förekommer mellan olika höjdnivåer, men dessa är tydligen ej särskilt stora. Av figuren framgår, att förmultningen sker avsevärt snabbare på de goda skogstyperna än på de mer näringsfattiga. På frisk *Dryopteris*-ristyp nås fullständig nedmultning efter ca 5 år. På torr ristyp dröjer detta 8 år.

Det nedmultningsstadium som bör ha uppnåtts för att tillåta en tekniskt sett godtagbar markberedning beror naturligtvis i hög grad på det använda aggregatets verkningssätt. Enligt författarens erfarenhet bör man vid användning av kultivatorer av typ »Imset» med brett, trubbigt rivorgan vänta till dess nedmultningsstadium 4—5 har uppnåtts. »SM»-kultivatorn, som tar upp fläckarna med hjälp av långa spetsiga billar, kan insättas något tidigare. Det kan dock generellt väntas, att avflåningen blir bättre ju friare marken är från hyggesavfall. Vid multningsstadium 4—5 är riset från såväl tall som gran bräckligt och tydligt hopsjunket.

Om hyggesavfall förekommer i större mängd bör det av undersökningen att döma vara fördelaktigt att vänta 2—4 år beroende på skogstypen och det använda aggregatet innan Tmb insättes.

## Kap. II. Besåningen

Det föryngringsresultat som registrerats vid denna undersökning har uppkommit under en begränsad tidsperiod. Eftersom vi vet, att fröfallet varierar starkt mellan olika år, måste det vara av stor vikt att en bild skapas av de fröproduktionsförhållanden som varit rådande under den aktuella tidsperio-

den inom olika delar av undersökningsområdet. Man äger numera rätt god kännedom om tallens och granens fröproduktionsförmåga sett på längre sikt, såväl från det här aktuella området, som från andra delar av vårt land. Med samtidig kännedom om fröproduktionen och föryngringsresultatet bör man kunna dra viktiga slutsatser om föryngringsmetodens allmänna lämplighet i olika landsdelar även om den tillämpats under andra tidsskeden med avvikande fröproduktion.

Av denna anledning har författaren ägnat avsevärt utrymme åt att klarlägga dessa viktiga förhållanden. Trots att inga direkta observationer över fröfallet utförts i skärmställningarna, föreligger som senare skall visas vissa möjligheter att beräkna användbara uttryck för detta. I den serie fasta skärmförsök, som utlagts i institutets regi, tas däremot årliga prov på fröfallet. I dessa kan man därför utföra beräkningar över t. ex. plantprocenten. Den metodik som använts i detta fall, tillåter ej sådana noggranna jämförelser, men i stället vinnes den fördelen, att det observerade föryngringsresultatet kan anknytas till längre erfarenhetsserier beträffande kott- och fröproduktionen i olika landsdelar.

\*

Granens kottproduktion kännetecknas som bekant av en ganska markant koncentration till vissa sällsynta år. Tallens kottsättning är däremot något mera jämnt fördelat i tiden, dock även här med en viss koncentration till goda år. Utförda undersökningar har visat, att granens kottproduktionsförmåga ytterst snabbt avtar med ökande nordlig breddgrad (Heikinheimo 1948, Sarvas 1957, Hagner 1957). Beträffande tall har breddgraden mindre betydelse härvidlag. Detta gäller i vårt land åtminstone söder om 64:de breddgraden (Hagner 1957). Först norr därom sker en mera markant försämring av produktionsbetingelserna. Kottproduktionen sjunker också med ökande höjd över havet, starkast för tall, mindre starkt för gran (Hagner, 1957).

Trädstorleken har mycket stor betydelse för trädens kottproduktion (Tirén 1951 a, Hagner 1955, 1957). Kott- och fröproduktionen är också bättre på goda marker än på svaga, vilket är naturligt eftersom växtbetingelserna över huvud är bättre för träden på de förra (Heikinheimo 1932, Sarvas 1949, 1962).

Genom de kotträkningar som med hjälp av kikare årligen utföras vid riksskogstaxeringen (Hagner 1957), kan årsvisa värden erhållas på kottproduktionsnivån inom undersökningsområdet under den aktuella tidsperioden. I nedanstående tabell återges de årsmedelvärden i antal kottar, som erhållits för gruppen härskande och medhärskande träd med en brösthöjdsdiameter av 25 cm. Värdena avser riksskogstaxeringens region II.

	År						
	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958
Tall .....	(136)	(38)	22	93	44	130	26
Gran .....	(27)	(13)	78	0	48	0	41

Resultatet av riksskogstaxeringens kotträkningar började först tillkännas år 1954. Även år 1953 utfördes dock observationer på prov. Av vissa anledningar får emellertid 1953 års värden anses något osäkra. Detta gäller i än högre grad värden för år 1952, som erhållits ur en särskild materialgrupp och avser medelvärden för hela Norrland. Av störst intresse i vårt fall är dock den kottsättning, som inträffat fr. o. m. år 1954.

Som framgår av uppställningen ovan var tallens kottsättning god åren 1952 och 1957. Som dåliga måste åren 1953, 1954, 1956 och 1958 betraktas. På granen var kottsättningen ovanligt god år 1954, men även åren 1956 och 1958 var produktionen påtaglig, åtminstone lokalt.

För att erhålla en noggrannare bild av kottproduktionen indelades regionen i 8 mindre områden. Inom vart och ett av dessa uträknades som ovan kottvärden för vardera tall och gran. De olika skärmarna tilldelades därefter årsvisa kottproduktionsvärden beroende på sin belägenhet. Eftersom trädstorleken inverkar på kottproduktionen utfördes en korrigering med hänsyn till grundytamedelstammens diameter för respektive trädslag. Korrigeringen skedde med hjälp av de erfarenhetstal över detta förhållande vid olika stark kottsättning inom området, som framkommit genom studium av riksskogstaxeringens material.

Det är klart, att kotttillgången i de enskilda skärmarna ej endast är beroende av den allmänna kottproduktionsnivån inom trakten och av träddimensionen. Markens näringsförhållande, som återspeglas av bonitet och skogstyp, måste också som tidigare nämnts väntas inverka. Sålunda har Sarvas (1962) visat att fröfallet i tallbestånd på goda marker är 2 à 3 gånger så tätt som på svaga. Vidare bör skärmträdens av ålder och beståndshistorik betingade konditionsförhållanden tillmätas betydelse. Säkert gynnas vidare tallens kottproduktion av trädens friställning, dock ej omedelbart utan successivt i takt med tillväxtökningen. Finska undersökningar ger belägg härför (Heikinheimo 1937). Med stöd av dessa kan man anta, att tallens kottsättning efter 7 à 8 år är dubbelt så riklig som den ursprungliga. Gemensamt för de i denna undersökning ingående skärmarna är dock att markberedningen satts in i nära anslutning till skärmhuggningen. Det måste därför antas, att det fröfall som givit upphov till tallföryngringen i markberedningsfläckarna, varit avsevärt svagare än om någon tid fått förflyta mellan skärmhuggning



Fig. 15. Efter någon tid i skärmställning blir tallens kronor täta och frodiga.  
The crown of Scots pine becomes dense and lush after some time in shelterwood.

och markberedning. Med stöd av de finska undersökningarna bör man däremot, vad granen angår, ej vänta sig någon påtaglig uppgång ifråga om kottsättningsförmåga.

Trots de påtalade olikheterna skärmarna emellan kan man anta, att de alla följt ett mycket likartat och av den allmänna kottproduktionsnivån inom trakten bestämt mönster ifråga om kottsättning under de olika åren. Såvitt de uppmätta skillnaderna är realistiska ifråga om produktionsnivå mellan olika delområden under ett och samma år, är grunden därför lagd för en ytterligare differentiering av skärmarna, nämligen med hänsyn till de kvantiteter grobara frön, som producerats i trädskronorna under de olika åren.

\*

Fröets mognad bestämmes av värmeklimatet under vegetationsperioden (Hagem 1917, Schotte 1924 b, Kujala 1927 m. fl.). I Sverige uppträder sänkt

grobarhet på grund av låg sommartemperatur framför allt längst i norr, men även på högre nivåer i mellersta och södra Norrland. I övriga landsdelar åter räcker värmeklimatet så gott som alltid till för att säkerställa en god grobarhet (jfr Hagner 1957, s. 81). Inom det här aktuella området förändras ofta mognadsförhållandena ytterst starkt med höjden, beroende på de med denna sammanhängande skillnaderna ifråga om vegetationsperiodens längd och värmeklimat. Sedan lång tid tillbaka utföres vid institutet

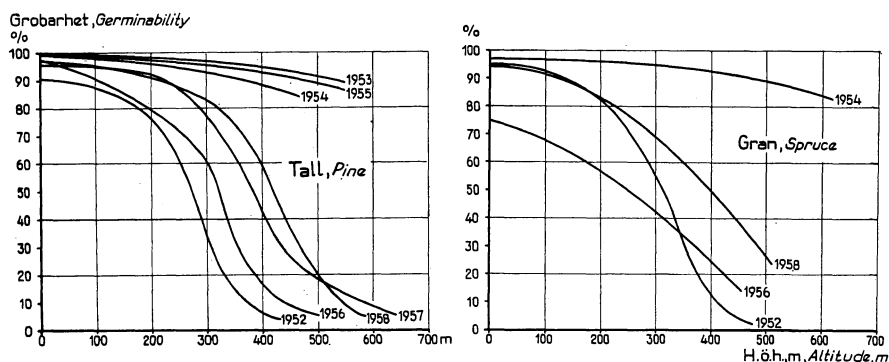


Fig. 16. De grafiskt utjämnade årssambanden mellan höjdläget och grobarheten på matat frö.

Annual relationships between altitude and the germinability of filled seeds.

fröanalyser, bl. a. från det här berörda området. Genom årsvis gruppering av dessa analysresultat över insamlingsplatsens höjdläge kan fröets grobarhet liksom fröutbytet per kotte studeras med relativt god noggrannhet (se t. ex. Hagner 1955). I fig. 16 återges de grafiskt utjämnade årssambanden för grobarheten på matat frö. Som extra stöd vid härledningen av årssambanden har kompletterande analyser erhållits från den skogliga försöksstationen i Sundmo.

Under tre av åren var som synes tallfröet väl moget även på hög höjd. Under de övriga var grobarheten mer eller mindre nedsatt i höjdlägena. Granens frökvalitet kännetecknas av, att grobarheten det goda kottåret 1954 var mycket hög och så gott som oberoende av höjdläget. Under andra år, då kottmängder av betydelse producerats, var grobarheten sämre och starkt avhängig av höjdnivån.

Vid en samtidig bedömning av kottproduktionen och frökvaliteten de olika åren emellan finner man beträffande *tallen*, att på låga nivåer (under 250 m) värdefullt frö i större mängder fallit vid tre tillfällen, nämligen under våren och försommaren 1953, 1956 och 1958. På högre höjder (över 450 m) framstår fröfallet under föråret 1956, som det i särklass bästa. Hos *granen* domineras fröproduktionen av året 1954, då kottproduktionen var riklig i

alla höjdlägen. Under de övriga åren var kotten vanligtvis starkt insekts- och svampskadad, med åtföljande lågt fröutbyte. Under den aktuella tidsperioden måste man därför beträffande granen räkna med en till kvantiteten utomordentligt stark dominans hos fröfallet vintern 1954—55.

För att ytterligare differentiera de olika åren och skärmarna från varandra bör hänsyn också tas till fröutbytet. Detta är liksom grobarheten starkt beroende av kottens mognad och har därför studerats över höjdläget på samma sätt som ovan beskrivits.

Med samtidig kännedom om kottproduktion, fröutbyte och grobarhet uträknades för varje skärm med uppdelning på trädslag årsvis ett s. k. »frövärde» avseende produktionen grobara frön per träd. Dessa frövärden är naturligtvis endast att anse såsom relationstal, och utgör ej mått på den absoluta fröproduktionen. Fördelen är som tidigare påpekats, att de erhållits med utgångspunkt från observationer, som årligen utföras inte bara i det här aktuella området, utan i hela landet. Som senare skall visas, ger oss detta möjlighet att dra vissa slutsatser om förutsättningarna för skärmföryngringsmetoden i olika landsdelar.

\*

Vill man bedöma värdet av den besåning som skett, måste emellertid hänsyn också tas till ett annat viktigt förhållande, nämligen markytans med tiden förändrade föryngringsmottaglighet. Skärnhuggningsingreppet medför en åtminstone momentan minskning av rotkonkurrensen, ett ökat ljusflöde till markytan och en anhopning av hyggesavfall. Beträffande de glesaste skärmtyperna vet vi av erfarenhet, åtminstone när det gäller gynnsammare klimatlägen och marktyper, att med tiden ett ganska individrikt plantbestånd kan etablera sig genom självsådd utan markbearbetning. I markberedningsfläckarna, som från början ligger helt fria, invandrar som tidigare beskrivits med tiden åter markvegetationen, samtidigt som fallförna lagras. Man kan därför här vänta sig ett motsatt förhållande till vad som gäller i det osårade humustäcket, nämligen en fortgående försämring av föryngringsmottagligheten (jfr Holmgren och Törngren 1932).

Den tidsrymd som förflutit mellan skärnhuggnings- och taxeringstillfället, är ganska kort i jämförelse med de väntetider på naturföryngring under fröträdställningar utan särskild åtgärd, som man måste anse normala i dessa trakter. Plantprocenten är nämligen mycket låg för frö, som faller i det osårade humustäcket (Hertz 1932, Tirén 1934). Överlevelseförmågan är också dålig, om man jämför med förhållandena i markberedningsfläckar (Braathe 1960, Yli-Vakkuri 1961). Det har därför ansetts utsiktslöst, att med hjälp av det här tillgängliga materialet söka studera de förändringar i föryngringsmottaglighet, som det osårade humustäcket undergår efter

ett skärmhuggningsingrepp. När det gäller markberedningsfläckar ställer sig däremot saken annorlunda. Eftersom processerna här får antas förlöpa relativt hastigt, bör det vara viktigt att erhålla en uppfattning om grobäddens förändringar.

För ändamålet utvaldes ett antal skärmar på frisk blåbärsristyp, markberedda för 2, 3, 4, 5 och 6 år sedan. Skärmbestånden bestod huvudsakligen av gran, med en mindre inblandning av tall. De var belägna centralt inom undersökningsområdet något mer än 300 m. ö. h. I var och en av dessa skärmar utstakades en provyta. Denna markbereddes på nytt våren 1960 med samma aggregattyp som tidigare kommit till användning. Härefter numrerades ett större antal nyupptagna markberedningsfläckar samt till var och en av dessa den närmast liggande gamla fläcken. Endast sådana gamla fläckar valdes, som ej skadats vid den nya markberedningen. I vart annat fläckpar såddes tallfrön, och i de återstående granfrön, lika många på varje ställe. Fröna släpptes noga fördelade från låg höjd ned i fläcken. Någon myllning skedde ej. Avsikten var att så väl som möjligt efterlikna självsådd.

Påföljande höst inventerades försöksytorna. Därvid räknades alla uppkomna groddplantor. Genom att nya och gamla markberedningsfläckar förekommer i varje skärm kan grobäddens förändring med tiden bäst studeras genom jämförelser mellan plantantalet i nya respektive gamla fläckar. På så sätt motverkas betydelsen av lokalt uppträdande störande förhållanden.

Resultatet av inventeringen åskådliggöres i fig. 17. Som synes har tiden efter markberedningen på den nämnda skogstypen ett utomordentligt starkt inflytande på föryngringsmottagligheten. Efter 6 år är denna blott en bråkdel mot förhållandet strax efter markberedningstillfället. Några skillnader mellan tall och gran föreligger ej i detta fall. Vid en liknande planträkning efter 2 år kunde en viss avgång konstateras, men någon förändring av relationstalen hade ej skett.

Den stora betydelsen av tidsfaktorn kan antas sammanhånga med olika processer i markytan. Sålunda beror skillnaderna säkert till stor del på att mineraljorden med tiden blir alltmer kompakt och dessutom övervuxen med vegetation, t. ex. tätt växande lågmossor, som hindrar det nedfallna fröet att nå nära kontakt med markytan. En likartad inverkan torde också fallförnan utöva. Den högre fläckvegetationen beskuggar vidare markytan, men konkurrerar även med de uppspirande plantorna om vatten och näring. Dessutom förekommer i markvegetationen sniglar och insektslarver, som förtär groddplantor. Dessa anses däremot skydd för öppen mineraljord (Forslund 1944). Vid markberedningen slits en stor del av de rötter av, som levat i och under fläckytan. Detta medför momentant en minskad rotkonkurrens, som dock åter får antas öka då nya rötter växer in.

En viss uppfattning om dessa processers betydelse för självföryngringens



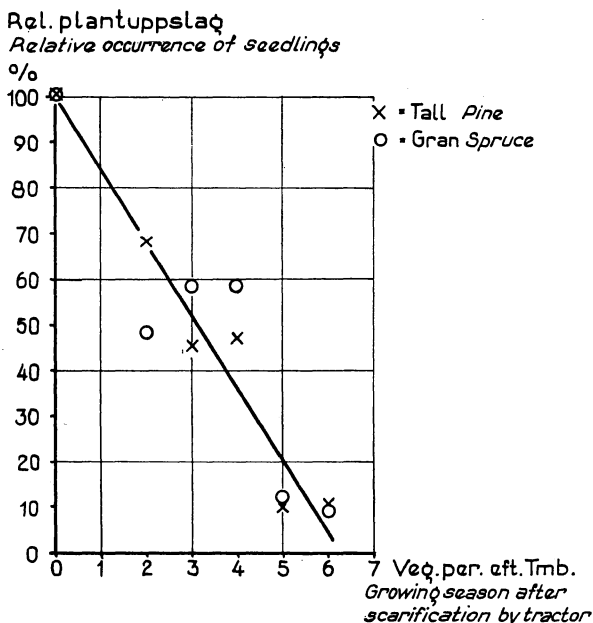


Fig. 17. Den relativa föryngringsmottaglighetens förändring med tiden efter markberedning.

Change in relative receptivity to regeneration at varying length of time after scarification.

möjligheter att etablera sig i markberedningsfläckar på olika skogstyper får man säkerligen genom att studera den igenväxning som sker och den fallförna som lagras efter markberedningen. Tar vi t. ex. fasta på, att föryngringsmottagligheten på frisk ristyp så gott som fullständigt ebbat ut efter 6 à 7 vegetationsperioder, framgår av fig. 8 a att igenväxningen i detta stadium genomsnittligt uppgår till ca 80 procent i medeltäta skärmar. Förutsätter vi ett likartat förhållande mellan föryngringsmottaglighet och igenväxning även på andra skogstyper kan det med ledning av figuren väntas, att markberedningseffekten på frisk Dryopteris-ristyp ebbat ut redan efter 5 à 6 år och på torr ristyp efter 7 à 8 år. Det är dock sannolikt, att även andra förhållanden, såsom t. ex. rotkonkurrensen från skärmträden, påverkar föryngringsmottagligheten, varför skillnaden mellan olika skogstyper måhända är något annorlunda än vad igenväxningen utvisar.

\*

Vill man beräkna den effektiva besåning som förekommit i de olika skärmarnas markberedningsfläckar, måste man tydligen ta hänsyn till vid vilken tidpunkt fröfallet inträffat i förhållande till markberedningstillfället. Det frö som faller omedelbart efter markberedningen, är avsevärt värdefullare än

det som faller senare. Efter 6 à 7 år bör man av fig. 17 att döma på frisk ristyp inte räkna med att erhålla ytterligare plantor, utöver vad som kan uppkomma i det osårade humustäcket. Detta gäller såväl tall som gran. Om vi räknar med att en markberedning i allmänhet insatts något före det första möjliga fröfallet (0,5 vegetationsperioder) kan med ledning av fig. 17 följande korrektionsfaktorer användas för medeltäta skärmar på frisk ristyp:

	År Year					
	1	2	3	4	5	6
	Korrektionsfaktor .. Adjustment factor	0,92	0,76	0,60	0,44	0,28

Det bör påpekas, att riksskogstaxeringens kottobservationer utgör ett statistiskt material, något som också i stort gäller de analyserade fröproven. De tidigare behandlade kott- och fröproduktionsförhållandena är därför främst att finna på de inom respektive trakter dominerande markslagen, d. v. s. vanligen frisk ristyp (se sid. 19). Det är viktigt att detta beaktas vid den följande analysen av plantuppslaget i markberedningsfläckar på olika skogstyper eftersom registrerade skillnader härvidlag kan bero på olikheter i fråga om fröproduktionsförmåga.

För varje skärm multiplicerades, beroende på markberedningsåret och tidsskillnaden mellan detta och respektive fröfall, det årsvisa frövärdet per träd med ovanstående korrektionsfaktorer. Summan av dessa korrigerade frövärden benämnes i fortsättningen »besäningsvärdet» (*b*), dock efter division med 100 för att erhålla mera lätthanterliga tal (se tab. B, sid. 258). I fig.

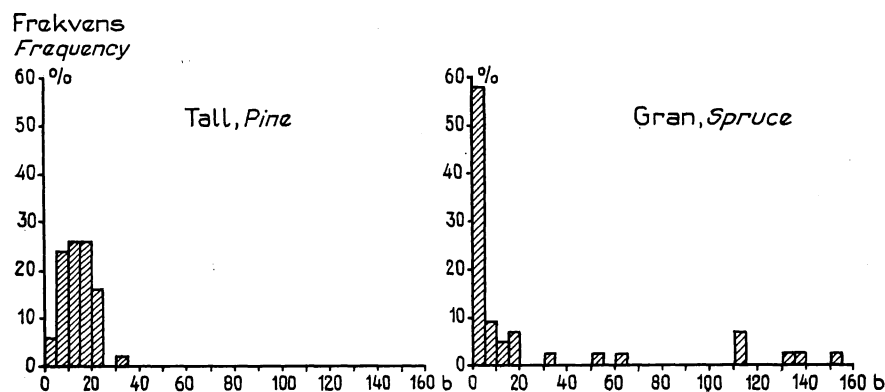


Fig. 18. De skärmvis beräknade besäningsvärdenas fördelning inom olika *b*-intervall (jfr text).

Distribution of the computed values of sowing effectiveness in various *b*-intervals by shelterwood stands.

18 visas frekvensfördelningen av de erhållna skärmvisa besäningsvärdena. Som synes är noteringar över 30 sällsynta för tall. Granen har däremot i vissa fall producerat avsevärt större mängder värdefullt frö. Detta beror på att markberedningen i många granskärmar insattes lagom till det goda fröåret 1954. I de fall åtgärden företagits efter detta år är granens besäningsvärden ofta låga, vilket förklarar diagrammets höga frekvenser i det lägsta *b*-intervallet.

Det bör tilläggas, att många av de framräknade besäningsvärdena ej är maximala, i den meningen, att taxeringen företagits innan föryngringsvilligheten helt ebbat ut. Dessutom är det sannolikt att *b*-värdena för tall och gran ej är direkt jämförbara. Detta beror på, att den rätta hänsynen ej kunnat tas till svårigheten att vid kikarobservation upptäcka mer än en viss andel av kotterna i trädkronan (jfr Hagren 1957 s. 25).

Genom att både ta hänsyn till fröfall och igenväxning finns vissa möjligheter att få en uppfattning om den genomsnittliga ålderssammansättningen hos de vid taxeringen i markberedningsfläckar funna plantorna. Vi måste då bortse från eventuella särdrag skogstyperna emellan, olikheter beroende på höjdläget utöver dem, till vilka hänsyn tagits o. s. v., vilket naturligtvis innebär ett stort osäkerhetsmoment. Med reservation för det sagda visas följande uppställning:

	Frekvens plantor av åldern: Frequency of seedlings of the following ages:						
	År Years						
	1	2	3	4	5	6	7
Tall ..... Pine	0 %	46 %	7 %	44 %	2 %	1 %	0 %
Gran ..... Spruce	2 %	0 %	12 %	0 %	86 %	0 %	0 %

Medelåldern hos tallplantorna blir 3,0 år. Granplantorna är äldre eller 4,7 år i genomsnitt.

\*

Med ledning av de kotträkningar som riksskogstaxeringen utför, och de kottprovsanalyser vilka också årligen företas, är det möjligt att på likartat sätt beräkna besäningsvärden per träd för tall och gran inom olika landsdelar. Härigenom kan det aktuella områdets *b*-värden belysas mot bakgrunden av vad som kan förekomma på andra håll. Eftersom riksskogstaxeringens kotträkningar började först år 1954 är våra möjligheter emellertid begränsade när det gäller att inrymma de för *b*-värdets beräknade nödvändiga 6-årspe-

rioderna i den därefter följande tidsrymden. Vid bestämningen av  $b$  tas dock hänsyn till fröproduktionen under så många efter varandra följande år, att ej något större antal sådana värden behövs, för att man skall få en rätt god bild av storleksordningen hos  $b$ , och vilken variationsvidd man kan räkna med.

Vid bearbetningen indelades landet i fyra breddgradsområden, vilka i stort ansluter till riksskogstaxeringens regionindelning. Varje område indelades i fyra höjdlägesgrupper. Vid beräkningen av utbytet grobara frön per kotte inom olika sådana delområden användes samma tillvägagångssätt som tidi-

**Tab. 2. »Frövärde» per träd grupperat på breddgrad och höjdläge. Härskande och medhärskande träd. DBH = 27,5 cm.**

Relative no. seeds produced by average tree by latitude and altitude. Dominant and codominant trees. DBH = 27.5 cm (cf. text).

Breddgrad Latitude	H. ö. h. m Altitude m	År. Year								Σ
		—54	—55	—56	—57	—58	—59	—60	—61	
Tall. Pine										
—59,9		6	17	4	6	12	18	4	8	75
60,0—61,9	< 200	2	13	10	9	3	16	4	22	79
	200—349	2	12	12	13	2	19	4	21	85
	350—499	1	12	4	8	2	18	3	16	64
	500+	0	12	6	0	2	16	2	10	48
62,0—63,9	< 200	2	9	7	19	3	8	18	9	75
	200—349	1	9	3	11	1	7	12	6	50
	350—499	1	8	2	3	0	7	6	7	34
	500+	1	8	0	2	0	7	5	2	25
64+	< 200	3	1	3	5	3	16	8	17	56
	200—349	1	1	1	3	1	17	4	17	45
	350—499	1	1	0	0	0	5	2	10	19
	500+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Gran. Spruce										
—59,9		98	0	9	0	17	4	1	0	129
60,0—61,9	< 200	92	0	3	0	1	1	9	0	106
	200—349	87	0	3	0	1	11	2	0	104
	350—499	36	0	9	0	0	1	9	0	55
	500+	36	0	9	0	0	0	9	0	54
62,0—63,9	< 200	80	0	17	0	28	2	16	0	143
	200—349	88	0	8	0	4	2	12	0	114
	350—499	45	0	2	0	0	0	7	0	54
	500+	34	0	0	0	1	0	1	0	36
64+	< 200	36	0	1	0	16	0	7	0	60
	200—349	24	0	13	0	8	0	4	0	49
	350—499	20	0	2	0	3	0	3	0	28
	500+	16	0	0	0	0	0	2	0	18

**Tab. 3. »Besåningsvärde» (b) per träd (27,5 cm DBH) grupperat på breddgrad och höjdläge.**  
Sowing effectiveness of the average tree (b) by latitude and altitude (cf. text).

Breddgrad Latitude	H. ö. h. m Altitude m	Tall. Pine				Gran. Spruce			
		Markberedning år: Year of scarification:				Markberedning år: Year of scarification:			
		1954	1955	1956	(1957)	1954	1955	1956	(1957)
—59,9		29	33	25	29	101	16	21	16
60,0—61,9	< 200	25	32	29	28	87	4	6	5
	200—349	27	35	34	32	84	6	9	8
	350—499	18	25	22	26	38	8	11	5
	500+	16	22	16	15	38	8	11	4
62,0—63,9	< 200	23	31	32	35	91	27	37	29
	200—349	15	20	18	22	87	10	14	10
	350—499	10	13	10	11	43	2	4	3
	500+	9	12	7	9	32	1	1	2
64+	< 200	10	14	21	26	38	9	12	15
	200—349	6	9	14	20	32	14	18	8
	350—499	2	3	5	8	20	3	4	3
	500+	—	—	—	—	15	0	1	1

gare beskrivits. Vad däremot kottproduktionen beträffar kunde någon differentiering på höjdlägesgrupper ej utföras, utan den för breddgradsområdet genomsnittliga produktion har antagits gälla i alla höjdlägen. Då höjdläget har en avsevärt mycket större betydelse för produktionen av grobart frö än för kott har en viss schablonisering av den senare ansetts kunna tolereras i detta fall. Fr. o. m. år 1960 sker årsredovisningen av kotträkningarna med en uppdelning på småområden. Det blir därför i framtiden möjligt att erhålla en bättre bild av kottsättningen i olika landsdelar, sett på längre sikt. Kottproduktionen avser gruppen härskande och medhärskande träd med 27,5 cm DBH, en i skärmar vanlig trädstorlek.

De på ovanstående sätt framräknade frövärdena återfinnas i tab. 2, besåningsvärdena åter i tab. 3. Den senare tabellen är utarbetad så, att markberedning antagits insatt hösten före vart och ett av åren 1954, 1955, 1956 och 1957. Då det åtgår 6 års frövärden för att erhålla ett *b*-värde, och då frövärdet för år 1961 är det sista tillgängliga, blir *b*-värdet för 1957 ej fullständigt. Det har dock medtagits, eftersom det frövärde som ännu fattas endast i obetydlig grad kan påverka den slutgiltiga storleksordningen hos *b*. Inom det sydligaste breddgradsområdet har någon uppdelning på olika höjdnivåer ej företagits, eftersom det som helhet måste anses mycket gynnsamt ur frömognadssynpunkt. De i tabellen angivna breddgradsgränsernas läge återfinnes på kartan, fig. 4.

*Tall:* Tallens *b*-värde ligger på en relativt jämn, och de olika åren emellan likartad nivå inom hela det sydligaste breddgradsområdet, samt inom det därpå följande till cirka 350 m. ö. h. Inom breddgradsområdet 62,0—63,9 det här aktuella, synes lika gynnsamma fröproduktionsbetingelser råda upp till ca 200 m. ö. h. Över dessa höjdgränser och norr därom minskar *b* successivt. Vid stor höjd över havet, särskilt i norr, registreras mycket låga värden.

*Gran:* Tmb år 1954 har givit höga *b*-värden utom längst i norr och på stora höjder. Under de andra åren är *b*-värdena ofta låga, men vissa undantag från denna regel tyder på en mera lokalt uppträdande god kottproduktion.

## IV. Föryngringsresultatet

### Kap. 12. Plantuppslagets numerär och höjd

#### 12. 1. Bearbetningsmetodiken

De genom taxeringen insamlade uppgifterna om föryngringsresultatet härstammar från ett antal undersökningslokaler, belägna inom ett visst tidigare beskrivet område. Efter sammanställningar i fältprotokollen och medeltalsberäkningar kan vi i första hand skaffa oss en uppfattning om föryngringsresultatet inom de olika undersökta skärmtrakterna. Våra önskemål sträcker sig dock längre. Genom det sätt på vilket provtagningen skett och skärmarna utlagts bör nämligen observationsmaterialet genom lämplig analys kunna ge oss en avsevärt vidsträcktare, och för skärmföryngringsfrågan mer belysande bild, än vad vi kan vänta av ett enkelt studium av dylika medeltal. En förutsättning är då först och främst, att de förhållanden noterats vid undersökningen, som på ifrågavarande skärmtrakter haft betydelse för det erhållna föryngringsresultatet. Våra förväntningar i detta avseende måste naturligtvis vara rätt begränsade. Sålunda är de specifika föryngringsförhållanden som råder på varje särskild undersökt provyta, resultatet av ett invecklat samspel mellan mer eller mindre primära ståndortsfaktorer (klimatiska, geologiska, topografiska o. v. s.). Det är naturligtvis omöjligt, att på varje cirkelyta göra kvantitativa bestämningar av dessa förhållanden. Även om man med tidsödande metoder skulle lyckas utföra en dylik analys, kan från den praktiske skogsskötarens sida värdet ifrågasättas av att få frågeställningen belyst med sådana informationer. Han har sannolikt avsevärt större nytta av att bli upplyst om betydelsen av olika lätt iakttagbara företeelser, som på ett tillfredsställande sätt återspeglar de för föryngringsresultatet primära ståndortsförhållandena, t. ex. i form av höjdläget (nederbörd, temperatur), skärmtätheten och trädstorleken (konkurrens om vatten, näring, produktionen av frö), skogstypen (näringsutbud, vattentillgång) o. s. v.

Förutsättningen för att en sålunda utförd analys skall kunna bli till verklig nytta i skogsskötseln är att de erhållna resultaten kan användas i *prognossyfte*. Vi måste därför fordra, att det för analysen till förfogande stående observationsmaterialet är av en sådan karaktär, att det passar för denna uppgift. I vårt fall kan något bevis för detta ej framläggas. Vid planläggningen av materialinsamlingen har dock eftersträfvats, att provtagningen skulle företas på ett ur statistisk synpunkt så invändningsfritt sätt som möjligt. Det mest korrekta till-

vägagångssättet hade varit att samla in två eller flera materialgrupper, av vilka en lägges till grund för analysen och de övriga användas för testning av analysresultaten. Såväl av kostnadsskäl som av brist på undersökningsobjekt har denna utväg ej kunnat tillgripas. För att säkerställbara sambandsförlopp skall kunna konstateras fordras en ganska betydande omfattning av observationsmaterialet. En uppdelning på grund av ovan antydda skäl kan därför medföra, att man går miste om värdefull information. Det är dock författarens uppfattning, att de längre fram berörda analysernas resultat är väl användbara i det planerade syftet.

\*

Vid materialbearbetningen har varje cirkelyta respektive markberedningsfläck använts såsom element i räkningarna. Genom upprepad sortering och gruppering av materialet med hjälp av hålkortsmaskiner efter på skoglig erfarenhet grundade riktlinjer kan en närmare uppfattning erhållas om den isolerade betydelsen för föryngringsresultatet av olika registrerade förhållanden. Med kännedom om utseendet hos dessa s. k. partialsamband kan verklighetstrogna matematiska uttryck sökas för dem. Partialsambandens form är ofta av ganska komplicerad art med enkla eller dubbla krökar, asymptoter o. s. v. Genom upprepade prövningar med olika funktionsförlopp har i sådana fall lämpliga värden bestämts på asymptoter och inflexionspunkter (se vidare Tirén 1949). I en del fall visar partialsambanden visserligen krökningstendenser, men av en sådan karaktär, att man inom det aktuella variationsintervallet ändå approximativt bör kunna återge dem lineärt. Vid regressionsanalysen finns möjligheter att genom tillkoppling av t. ex. kvadratiske termer bedöma det eventuella värdet av en krökning hos sambandsförloppen.

Det tekniska tillvägagångssättet vid regressionsanalys av här utfört slag har tidigare ingående behandlats ur skogliga aspekter av Petterson (1934), Näslund (1935, 1942) och Tirén (1949). Vid analysen provas en matematisk funktion av t. ex. formen:

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \dots,$$

som med tillfredsställande säkerhet vid olika förekommande kombinationer av betydelsefulla yttre förhållanden  $x_1; x_2; x_3 \dots$  (s. k. oberoende variabler), redovisar resultatet  $y$  (den beroende variabeln) av den aktuella variabelkonstellationen. Med utgångspunkt från en sådan matematisk modell, som dock i detta fall grundar sig på vissa primära informationer erhållna ur materialet, utföres på matematisk väg en anpassning av modellen till observationsmaterialet. Som resultat av analysen erhålles kvantitativa mått (i form av värden på konstanterna  $a; b_1; b_2 \dots$ ) på de prövade, oberoende variabelernas betydelse och förmåga att påverka den beroende variabeln i den aktuella modellen. I många fall är de processer som leder fram till ett visst resultat av sådan art, att



två eller flera oberoende variabler kan samvariera, d. v. s. samspelet förändras beroende på värdet hos vissa oberoende variabler. Genom att införa termer, i vilka sådana variablers inverkan kombineras, har man möjlighet att i viss grad även ta hänsyn till dessa egenheter.

Vid regressionsanalys med många variabler och stora materialgrupper blir räknearbetet mycket omfångsrikt och därmed tidsödande och dyrbart. På senaste tiden har emellertid nya hjälpmedel kunnat tas i bruk för detta arbete. Program för regressionsanalys finns numera utarbetade för ett flertal större databehandlingsmaskiner. I detta fall har arbetet utförts på en matematikmaskin av typen Facit EDB. Det räkneprogram som utnyttjas har utarbetats av tekn. lic. Arne Håkansson.

\*

Vid arbete i matematikmaskin har man avsevärt mycket större möjligheter än tidigare, då mer eller mindre manuella metoder användes, att analysera betydelsen av olika variabler. Detta beror på att tidsfaktorn vid arbetet kan nedbringas till ett minimum. Vad som tidigare tog år i anspråk kan nu utföras på några få timmar. Naturligtvis kvarstår ändå en mängd svårigheter beträffande variabelval, variabelkombinationer, partialsambandens matematiska form o. s. v. Vad vi söker är som nämnts möjligheter att utfärda prognoser över föryngringsresultatet med hjälp av i fält relativt lätt fastställbara förhållanden. Önskemålet är därför att de för praktiska ändamål framställda funktionerna bör ges enklast möjliga form, d. v. s. endast innehålla verkligt betydelsefulla variabler. Från vissa synpunkter är det naturligtvis av intresse att kunna påvisa även andra mindre starkt inverkan företeelsers betydelse för föryngringens uppkomst och utveckling. Den här utförda bearbetningen kan sägas utgöra en kompromiss mellan dessa båda strävanden. Genom databehandlingsmetodikerna i matematikmaskin kan nämligen funktioner av olika komplicerad art snabbt analyseras till rimlig kostnad.

Vid behandling av *föryngringen i det osårade humustäcket* har som *beroende variabel* använts plantantalet av tall resp. gran per ytenhet osårat humustäcke. På varje cirkelyta har därför en reduktion företagits beträffande förefintlig fläckareal och arealen humustorvor. Som *oberoende variabler* har prövats höjden över havet, skärmtätheten, trädstorleken, tiden efter skärnhuggningen och trädslagsblandningen i skärmen.

Vid analysen av *föryngringsresultatet i markberedningsfläckarna* har som *beroende variabel* valts plantantalet av tall resp. gran i fläcken. Förutom de redan tidigare nämnda *oberoende variablerna* ingår i detta fall även fläckstorleken och fläckbredden (som uttryck för fläckformen), samt ett mått på den sannolika besåningen i fläcken. Den sistnämnda variabeln skall behandlas närmare i ett senare avsnitt. Tiden efter skärnhuggningen har här utbytt mot

tiden efter markberedningen. Vid fältarbetet uppmättes också avståndet från markberedningsfläcken till närmaste skärmträd. Detta uttryck har emellertid ej medtagits vid den matematiska analysen, eftersom redan ett annat täthetsbegrepp ingår. Skärmträdens förmåga att påverka plantuppslaget i sin närmaste omgivning skall därför studeras i ett särskilt avsnitt.

Alla de ovan nämnda variablerna kan uppskattas kvantitativt. Observationer har också utförts över andra förhållanden av eventuell betydelse, vilka ej kan värderas på samma sätt, nämligen skogstypen och jordarten. Näslund har tidigare (1942) utarbetat ett, senare även av bl. a. Tirén (1949) använt tillvägagångssätt för att sådana företeelser skall kunna ges en numerisk innebörd i form av s. k. index. Man arbetar därvid med s. k. parallella regressionsfunktioner, d. v. s. man antar att funktionsförloppen, t. ex. olika skogstypsgrupper emellan, främst skiljer sig åt genom nivåskillnader. Så är säkerligen ofta fallet, men eftersom man vid automatisk databehandling har möjligheter att till rimliga kostnader förutsättningslöst studera eventuella särdrag hos olika materialgrupper, har författaren vid behandlingen av skogstypen i stället valt vägen att i möjligaste mån, d. v. s. där tillräckligt observationsmaterial ansetts stå till buds, utföra fristående analyser inom skilda skogstyper eller inom varandra närstående skogstypsgrupper. Föryngringsresultatet i andra, mindre väl representerade grupper har i vissa fall bestämts genom jämförelser med en närstående skogstyps funktion. Jordarten har också behandlats på det sistnämnda sättet.

Regressionsfunktionernas användbarhet provas genom tillämpning inom olika delar av de ingående variablernas intervall varvid jämförelser sker mellan beräknade och empiriskt funna värden (s. k. residualstudier).

#### 12.1.1. Några speciella synpunkter på regressionsanalysens tillämpbarhet

Det skall visa sig, att plantuppslaget är mycket glest i vissa skogs- och skärmtypsgrupper. Vid en taxering som den här företagna blir följderna av detta bl. a., att man inom en stor del av cirkelytorna eller markberedningsfläckarna ej kunnat finna någon planta. På dessa plantfattiga lokaler måste de platser där man funnit återväxt anses som särskilt gynnsamma fall som växtplatser betraktade. Föryngringsmottagligheten varierar dock säkerligen även på de delar av arealen där inga plantor kunnat iakttas. Den blir dock här aldrig så god att någon planta kan uppkomma.

Som stöd vid det fortsatta resonemanget hänvisas läsaren till fig. 19. Den samlade effekten av olika för föryngringsmottagligheten betydelsefulla förhållanden på växtplatsen tänkes här uttryckt genom sitt läge i ordinata-led. För att konstellationen skall resultera i plantuppslag, måste dock ett visst gränsvärde uppnås. Detta representeras av den horisontella streckade linjen. Utplaceras ett antal cirkelytor över markytan, inom vilka vi har möjlighet att

noggrant uppmäta föryngringsmottagligheten utan att behöva stödja oss på plantförekomsten, bör resultatet kunna åskådliggöras genom punkterna i figuren.

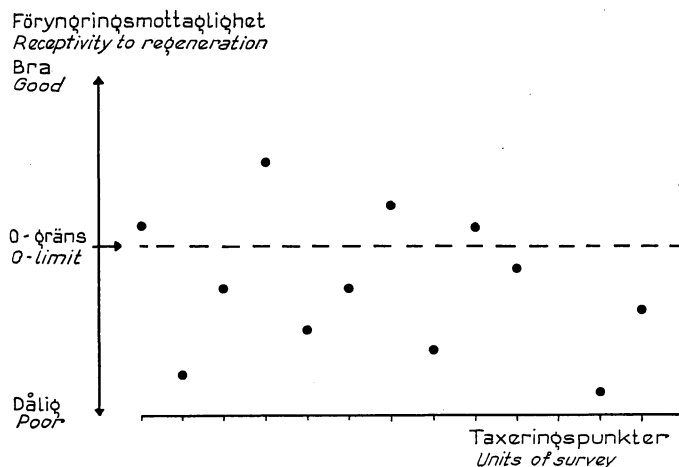


Fig. 19. Föryngringsmottaglighetens variation. Principfigur, se text.  
Variation in receptivity to regeneration. Principle outline, cf. text.

I denna undersökning har vi emellertid endast testat de oberoende variabler-  
nas betydelse för plantuppslaget genom att mäta dettas numerär. Det är  
ganska klart att vår förmåga att framställa uttryck, som ger en noggrann bild  
av plantförekomsten, måste bli allt mer begränsade ju oftare resultatet av de  
betydelsefulla variablernas samvariation blir = 0. Detta gäller åtminstone i de  
fall då möjlighet ej finnes att med hjälp av någon variabel förklara, varför  
plantuppslaget just i det speciella fallet blivit = 0. Någon gradering under noll  
är däremot ej möjlig i de fall en sådan skulle behövas. Man får därför i sådana  
plantfattiga grupper tolerera en relativt sett ganska betydande restspridning  
kring funktionerna och nöja sig med att endast påvisa betydelsen av de star-  
kaste variablerna samt den allmänna (låga) plantförekomstnivå, som kan  
väntas. Är å andra sidan planttätheten hög blir följd, att huvuddelen av  
punkterna i figuren ligger ovanför den streckade linjen. Härigenom förbättras  
våra möjligheter att mera utförligt beskriva föryngringsresultatet.

En låg plantförekomst kan dock som antytts ej alltid skyllas på ett ogynn-  
samt växtsubstrat. I många fall har intet frö fallit till marken. En del av noll-  
observationerna förklaras sålunda enbart av bristande besåning. Det finns där-  
för all anledning att vid en analys som denna tillmäta besåningsvariabeln stor  
betydelse. Detta gäller framför allt i markberedningsfläckar, där grobädden  
vanligtvis är ganska god men där besåningen varierar mycket starkt.

## 12. 2. Använda variabler och variabeltransformationer

$P_g$  och  $P_t = 1$ . Markberedningsfläckar: Beräknat antal gran- resp. tallplanter per fläck.

2. Osårat humustäcke: Beräknat 100-tal gran- resp. tallplanter per hektar i det osårade humustäcket.

$L_g$  och  $L_t = 1$ . Markberedningsfläckar: Beräknad längd i centimeter av högsta gran- resp. tallplanta i fläcken.

2. Osårat humustäcke: Beräknad längd i centimeter av högsta gran- resp. tallplanta i cirkelytans humustäcke.

$g$  = skärnträdens brösthöjdsdiameter i cm.

$h$  = höjd över havet i meter.

$s$  = antal skärnträd per hektar.

$t = 1$ . Markberedningsfläckar: Antal vegetationsperioder efter markberedning.

2. Osårat humustäcke: Antal vegetationsperioder efter skärnhuggning.

$E$  = fläckbredden i dm.

$F$  = fläckarealen i m<sup>2</sup>.

$H_1 = h \cdot 0,01$

$H_2 = 10 \cdot e^{-\frac{300}{700-h}}$

$H_3 = e^{-\frac{1700}{800-h}}$

$K$  = trädslagsblandningen tall—gran i skärmen uttryckt i tiondelar tall och baserad på den stamvisa sammansättningen.

$S = s \cdot 0,01$

$T = t \cdot 0,2$

Till den maskinella markberedningens karaktär hör, att fläckar av högst varierande storlek produceras. Detta innebär att fläckstorleken vid en regressionsanalys måste antas vara en starkt inverkan variabel. Även höjden över havet, trädslagsblandningen, skärmtätheten och den tid som fläckarna legat öppna kan väntas inverka märkbart på förnygringsresultatet. Ett gemensamt drag för dessa variabler är att de måste antas bidra till att karakterisera den frömängd som givit upphov till det vid taxeringen funna antalet plantor. Variablernas samlade inverkan i detta hänseende kan vi sammanfatta med uttrycket »besåningen». Genom de utredningar som vi tidigare gjort beträffande fröproduktionen, finns som visats vissa möjligheter att förutsäga hur

stor genomsnittsträdets fröproduktion varit i de olika skärmarna under den tid fläckarna legat mottagliga för föryngring. Under vissa förutsättningar kan vi därför, med ledning av fläckstorleken och uppgifterna om skärmen kring den besådda ytan, skapa ett uttryck för den verksamma frömängd från ett visst trädslag, som bör ha fallit i fläcken. Vid regressionsanalysen har därför en »besåningsvariabel» använts, beräknad på följande sätt:

$$\text{Tall:} \quad B_t = b_t \cdot S \cdot F \cdot K \cdot 10^{-3}.$$

$$\text{Gran:} \quad B_g = b_g \cdot S \cdot F \cdot (10 - K) \cdot 10^{-3}.$$

$$\left. \begin{array}{l} b_g = \text{besåningsvärdet för gran} \\ b_t = \text{besåningsvärdet för tall} \end{array} \right\} \text{jfr sid. 54}$$

Vid beräkning av  $B$  anses således, att besåningens storlek är direkt proportionell mot  $S$ ,  $F$  och  $K$ . Beträffande  $F$  bör så med stor sannolikhet vara fallet, men när det gäller  $S$  och  $K$  får man anta, att besåningen också varierar av andra orsaker. Så kan det t. ex. väntas, att glest stående träd är bättre fröproducenter än tätt stående (Lehto 1956). Beträffande trädslagsblandningen kan det vidare väntas, att t. ex. tall insprängd bland gran har en annan fröproduktionsförmåga än om den står bland grannar av tall (Sarvas 1962).

Till höjden över havet, tidsfaktorn och trädstorleken har hänsyn tagits redan vid bestämningen av  $b$ . Höjden över havet är som tidigare behandlats av stor betydelse när det gäller produktionen av grobara frön. Vid beräkningen av  $b$  har hänsyn tagits till detta. Emellertid måste vi vänta oss, att de grobara frön som producerats på höga nivåer, på grund av nedsatt gröningsenergi, har sämre plantbildningsförmåga än låglägesfröet. Dessutom är det sannolikt att grobädden försämras med stigande höjd över havet. Även om vårt hänsynstagande till tidsfaktorn skulle vara korrekt på den friska ristypen är så kanske ej fallet på de andra skogstyperna. Vad slutligen trädstorleken angår får man

**Tab. 4. Gränser för regressionsfunktionernas tillämpbarhet.**

Limits of regression function applicability

Beroende variabel Dependent variable	Skogstyp Forest site type	Oberoende variabel Independent variable						
		g	h	s	t	K	F	b
$P_t; L_t$	ToR	20—35	100—550	25—150	3,5—7,0	7—10	0,1—2,5	—
	FrR	20—35	100—550	50—250	3,5—7,0	4—10	0,1—2,5	0—35
	FrDrR+	20—40	100—550	100—250	3,5—7,0	4—10	0,1—2,0	0—35
$P_g; L_g$	ToR	20—35	100—550	25—150	3,5—7,0	7—10	0,1—2,5	0—100
	FrR	20—35	100—600	50—300	3,5—7,0	0—8	0,1—2,5	0—150
	FrDrR+	20—40	100—600	100—300	3,5—7,0	0—8	0,1—2,0	0—150

inom en och samma skärm anta, att denna varierar med skärmtätheten på så sätt att träden är något större i de glesare delarna än i de tätare. Vid regressionsanalysen är det därför av vikt att pröva alla dessa variablers eventuella effekt utöver den hänsyn, som tagits vid beräkningen av  $B$ .

\*

De framlagda regressionsfunktionerna bör endast tillämpas med värden på variablerna, som ligger inom observationsmaterialets gränser. I tab. 4 visas en uppställning över de aktuella gränsvärdena härvidlag på olika skogstyper. Det kan tilläggas att storleken av  $E$  (fläckbredden) är starkt korrelerad med  $F$  (fläckstorleken). Sålunda är  $E_{max}$  vid en given fläckstorlek  $= 10 \cdot \sqrt{F}$ . Det  $E_{min}$  som kan uppstå vid givet  $F$  varierar naturligtvis beroende på fläckstorleken. Denna fråga skall senare ingående behandlas (tab. 12). Som tidigare nämnts är vidare  $b$  beroende av  $h$  på så sätt att besäningsvärdet vid viss höjd över havet endast kan anta värden inom vissa gränser, åtminstone när det gäller skärmträd (jfr tab. 3). Trädstorleken är slutligen korrelerad med stamantalet. Sålunda är grundytor över 20 m<sup>2</sup> per hektar ovanliga.

Det kan någon gång inträffa, att man vid tillämpning av funktionerna beträffande plantantalet erhåller negativa värden. Dessa skall då utföras = 0.

### 12. 3. *Plantuppslaget av tall och gran efter skärnhuggning*

#### 12.3.1. Maskinellt upptagna markberedningsfläckar.

I tab. 5 presenteras ett antal funktioner av den typ som visats på sid. 60 och avsedda att beskriva det uppmätta förnygringsresultatet efter markberedning. I vissa fall framlägges inom en och samma skogstyp, då så visat sig vara möjligt, funktioner av såväl enkel som mer komplicerad form. Till en början skall med uppdelning på vissa skogstyper redogöras för de olika i funktionerna ingående variablernas inverkan på förnygringsresultatet. Vi bortser därvid från den återstående spridningen kring funktionerna och dess betydelse. I ett senare avsnitt skall den praktiska tillämpbarheten diskuteras.

*Tall. Torr ristyp.* I motsats till förhållandet på de bättre skogstyperna är besäningsvariabeln  $B_t$  till sin verkan insignifikant på den torra ristypen. Detta innebär, att vi här tydligen ej på ett tillfredsställande sätt lyckats ta hänsyn till fröfallet. Av funktion 1 framgår också (fig. 20) att såväl höjdläge som fläckstorlek och skärmtäthet har en effekt, som avviker från våra första antaganden.

På låga nivåer har sålunda fler plantor än väntat registrerats, på de höga färre. Vid beräkningen av besäningsvärdet  $b$  har som tidigare nämnts ett statistiskt material utnyttjats, vilket huvudsakligen är hämtat från frisk ristyp.

**Tab. 5. Funktioner för beräkning av plantuppslaget i markberedningsfläckar.**  
Functions for computation of the no. seedlings in scarified spots.

Funktion nr Function No.	Skogstyp Forest site types	Variabler Variables				Spridning i procent av spridningen kring medelvärdet Dispersion in per cent of dispersion of the mean value
		Beroende var. Dependent variable	Oberoende var. Independent variable			
			Ben. Denota- tion	Koeff. Coefficients	Medelfel Standard error	
1	ToR	P <sub>t</sub>	a S E F EF H <sub>2</sub> FH <sub>2</sub>	— 2,3066 — 0,4182 + 0,3878 + 2,2553 — 0,4870 + 0,4077 + 0,5286	0,9559 0,1639 0,1218 1,2894 0,1374 0,1662 0,2175	84
2 a	FrBlR	P <sub>t</sub>	a B <sub>t</sub> H <sub>1</sub> K KS E F EF	— 0,2502 + 13,9309 — 0,1174 + 0,1061 — 0,0723 + 0,1313 + 0,9608 — 0,0877	0,1876 0,7596 0,0257 0,0088 0,0077 0,0314 0,3378 0,0400	83
2 b	FrBlR	P <sub>t</sub>	B <sub>t</sub>	+ 16,7141	0,3973	87
3	FrDrR	P <sub>t</sub>	B <sub>t</sub>	+ 7,5420	0,6687	97
4	ToR	P <sub>g</sub>	B <sub>g</sub>	+ 16,5445	0,3250	33
5 a	FrBlR	P <sub>g</sub>	a B <sub>g</sub> S K KS F	+ 2,6012 + 19,3115 — 1,5602 — 0,2655 + 0,1576 + 1,3143	0,2347 0,3332 0,1277 0,0320 0,0228 0,1923	66
5 b	FrBlR	P <sub>g</sub>	B <sub>g</sub>	+ 19,8308	0,2990	69
6	FrDrR	P <sub>g</sub>	B <sub>g</sub>	+ 16,1072	0,4300	70

Då den här aktuella skogstypen omfattar de allra svagaste markerna, är det ej ägna att förvåna om kottproduktionen varit mer än väntat dålig, särskilt då i höjdlägen. Som tidigare nämnts har Sarvas (1962, s. 157) visat den stora effekt på fröfallet, som ståndortens bonitet utövar. På svaga marker uppgick den årliga besåningen endast till en tredjedel av den som registrerades på goda. De i denna undersökning ingående högt belägna bestånden på torr ristyp är genomgående gamla och slitna och boniteten är mycket låg (VI—VII). På lägre nivåer åter ligger boniteten högre, men variationerna mellan (och sannolikt även inom) skärmtrakterna är utpräglade.

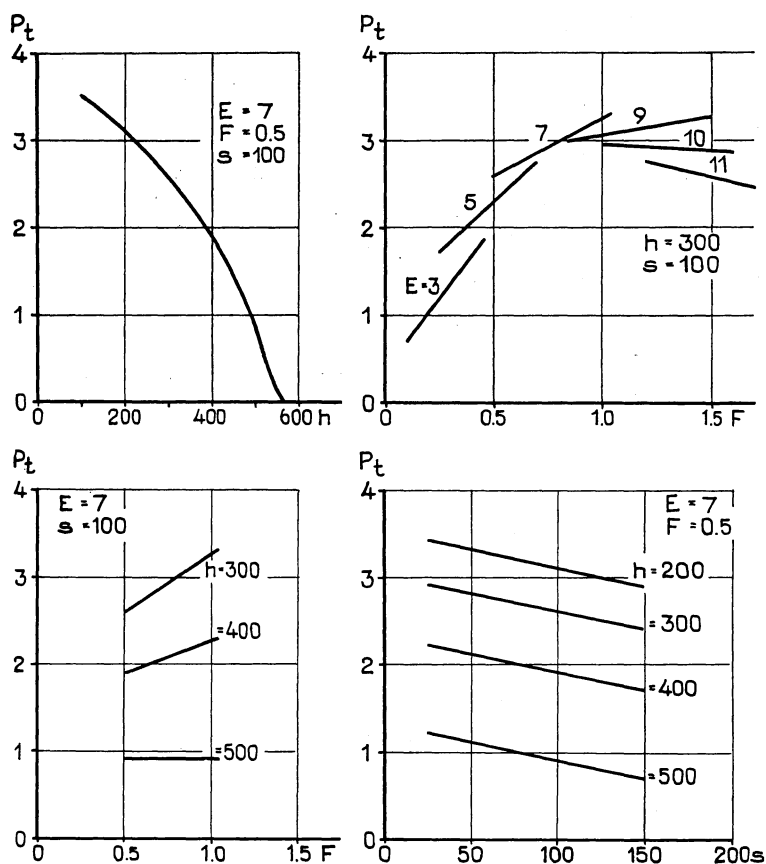


Fig. 20. Vissa partialsamband ur funktion 1 visande plantuppslaget av tall i markberedningsfläckar på ToR och dess beroende av olika förhållanden (jfr sid. 64).

Some partial relationships from function no. 1 showing the occurrence of Scots pine seedlings in scarified spots on forest sites of the type ToR in relation to various conditions (cf. p. 231).

Plantantalet per fläck stiger vid 300 m. ö. h. som väntat med storleken hos denna, men endast upp till ca 1 m<sup>2</sup>. I ännu större fläckar uppträder tydligen på torr mark i detta höjdläge ogynnsamt inverkan så starkt, att plantantalet åter successivt avtar. Ett annat tecken på nackdelen av alltför stora fläcktytor är, att fläckbredden, vars ökning vid 300 m. ö. h. har en positiv inverkan i fläckar upp till cirka 0,8 m<sup>2</sup>, däröver har en negativ effekt, så att man finner de flesta plantorna i de mest långsmala fläckarna.

Höjdläget har mycket stor betydelse för valet av fläckstorlek. På höga nivåer är små fläckar förhållandevis mer gynnsamma för plantuppslag än stora. Den negativa effekten av stora blottlagda mineraljordsytor överväger tydligen med stigande höjd alltmer över den positiva. Emellertid ligger  $P_t$  då samtidigt på en betänkligt låg nivå.



Det bästa plantuppslaget har inregistrerats i de glesaste skärmarna. Det är också att vänta att konkurrensen från skärmträden på denna skogstyp bör vara besvärande för de uppspirande plantorna.

Inom det för skogstypen aktuella intervallet har trädslagsblandningen, trädstorleken och tidsfaktorn ej visat nämnvärd inverkan på plantuppslaget.

*Tall. Frisk blåbärsristyp.* Besättningsvariabeln är på denna skogstyp utomordentligt starkt signifikant, och kan ensam användas för att rätt väl karakterisera föröngningsresultatet (funktion 2 b). Trots detta saknar övriga inverkan- de variabler ej intresse (funktion 2 a).

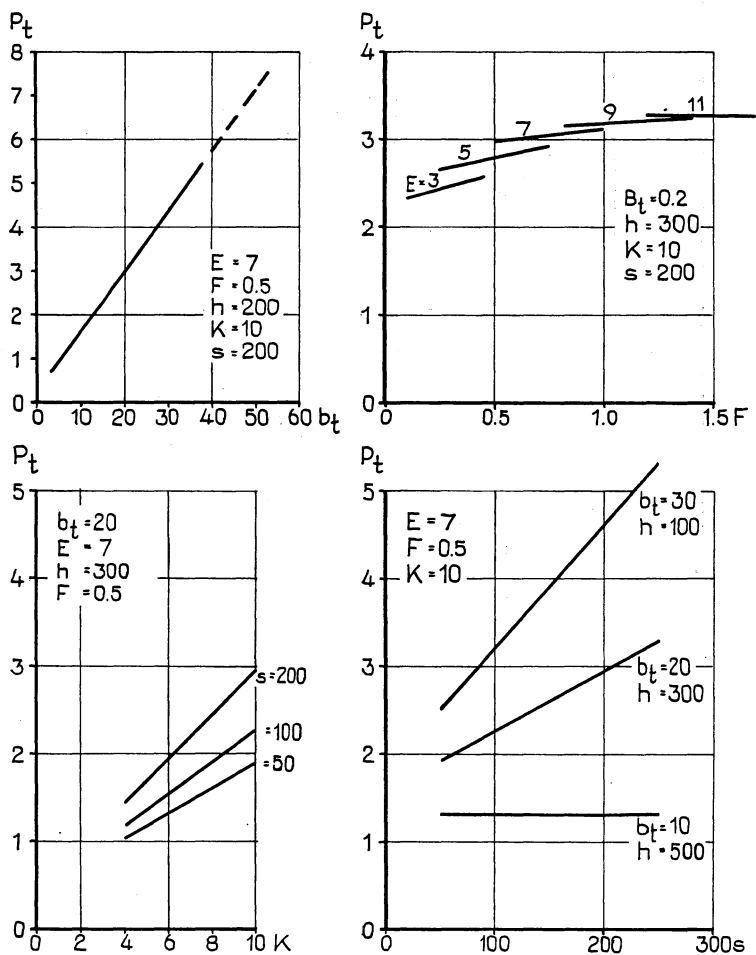


Fig. 21. Vissa partialsamband ur funktion 2a visande plantuppslaget av tall på FrBIR och dess beroende av olika förhållanden (jfr sid. 64—65).

Some partial relationships from function 2a showing the occurrence of Scots pine seedlings on forest sites of the type FrBIR in relation to various conditions (cf. p. 231).



Fig. 22. På frisk mark gynnas föryngringens invandring avsevärt om stora markberedningsfläckar åstadkommas.

Regeneration is considerably facilitated on fresh sites if the scarified spots are made large.

Sålunda visas i fig. 21  $P_t$  över  $F$  vid konstant  $B_t$ , d. v. s. fläckar jämföras där frögivan är densamma oberoende av fläckstorleken. Det visar sig då, att de flesta plantorna uppkommer i de största fläckarna, åtminstone upp till ca 1,5 m<sup>2</sup>. Av figuren kan man utläsa, att vid en och samma frögiva och vid den aktuella variabelkonstellationen, ca 35 procent fler plantor finnas per ytenhet fläck om dessa är 1 m<sup>2</sup> stora, än om de är 0,2 m<sup>2</sup>. Breda och korta fläckar är genomgående bättre än långsmala vid en och samma fläckareal.

Plantuppslaget i blandskärmar är något större än väntat. Vidare är skärm-

täthetens inverkan beroende av höjdläget. Under 500 m. ö. h. finner man mest plantor i de täta skärmarna, särskilt på låga nivåer. Med ökande höjd tilltar emellertid tydligen de ogynnsamma verkningarna av en hög stamtäthet, så att man vid låg besåning på höga nivåer finner mest plantor i de gle-sa skärmarna. Höjdläget har dessutom en ytterligare negativ inverkan, så att vid samma besåning plantresultatet blir sämre ju högre växtlokalen är belägen.

Utöver den hänsyn som tagits till tiden efter markberedning vid beräkningen av besåningsvärdet per träd, har någon ytterligare inverkan av denna variabel ej framkommit. Detsamma gäller trädstorleken.

Vid tillämpning av funktion 2a på fläckar tillhörande *frisk lingonristyp* erhöles ett beräknat föryngringsresultat, som med endast 7 procent översteg det observerade. De båda skogstyperna är således varandra mycket närstående beträffande möjligheterna att erhålla självföryngring efter markberedning. På fläckar tillhörande *den fuktiga blåbärsristypen* erhöles vid tillämpning av samma funktion ett observerat föryngringsresultat, som i genomsnitt endast uppgick till 69 procent av motsvarande funktionsvärde. Utslaget går i väntad riktning och visar att markberedning på fuktig mark är en mindre lämplig föryngringsåtgärd.

*Tall. Frisk Dryopteris-ristyp.* På denna skogstyp är plantuppslaget av tall genomgående sämre än på den friska blåbärsristypen. Under i övrigt likartade förhållanden registreras endast ca 40 procent av motsvarande plantuppslag på frisk blåbärsristyp (funktion 3). Inom gruppen förekommer övervägande rena granskärrmar eller blandskärrmar men även i de fall tallinblandningen är mera påtaglig är föryngringsresultatet således förhållandevis dåligt. En starkt bidragande orsak till detta är säkerligen den snabba igenväxning som sker på skogstypen.

På grund av den genomsnittligt låga plantförekomsten är det av tidigare behandlade orsaker (sid. 62) ej möjligt att som på frisk blåbärsristyp studera den ytterligare inverkan, som olika variabler kan ha utöver den, till vilken hänsyn tagits vid beräkningen av  $B_t$ .

På *de bördigare skogstyperna* är förekomsten av skärmträd av tall så obetydlig, att det visat sig utsiktslöst att med observationsmaterialet som grund bedöma möjligheterna för uppkomst av tallföryngring i markberedningsfläckar. Eftersom föryngringsresultatet redan på den friska *Dryopteris-ristypen* måste betecknas som dåligt, är det dock sannolikt knappast värt kostnaden att insätta markberedning på örtrika skogstyper, om en tallskärm någon enstaka gång skulle kunna ställas.

*Gran. Torr ristyp.* Det fröfall som givit upphov till plantuppslag av gran, härrör så gott som uteslutande från 1954 års kottsättning. Senare utförda

markberedningar saknar i dessa granfattiga skärmställningar så gott som helt plantor. Genom  $B_t$  har därför såväl förekomsten av tomma som plantförande fläckar kunnat förklaras väl (funktion 4). Som tidigare visats var fröproduktionen år 1954 god i alla höjdlägen. Även på torra marker producerades detta sällsynt goda fröar mycket kott på granen, trots att denna här vanligen är både gammal och svagt växande.

*Gran. Frisk blåbärsristyp.* Liksom i tallregressionen tar besämningsvariabeln på denna skogstyp upp huvuddelen av spridningsminskningen (funktion 5b). Vissa variabler har dock ytterligare effekt av intresse (funktion 5a).

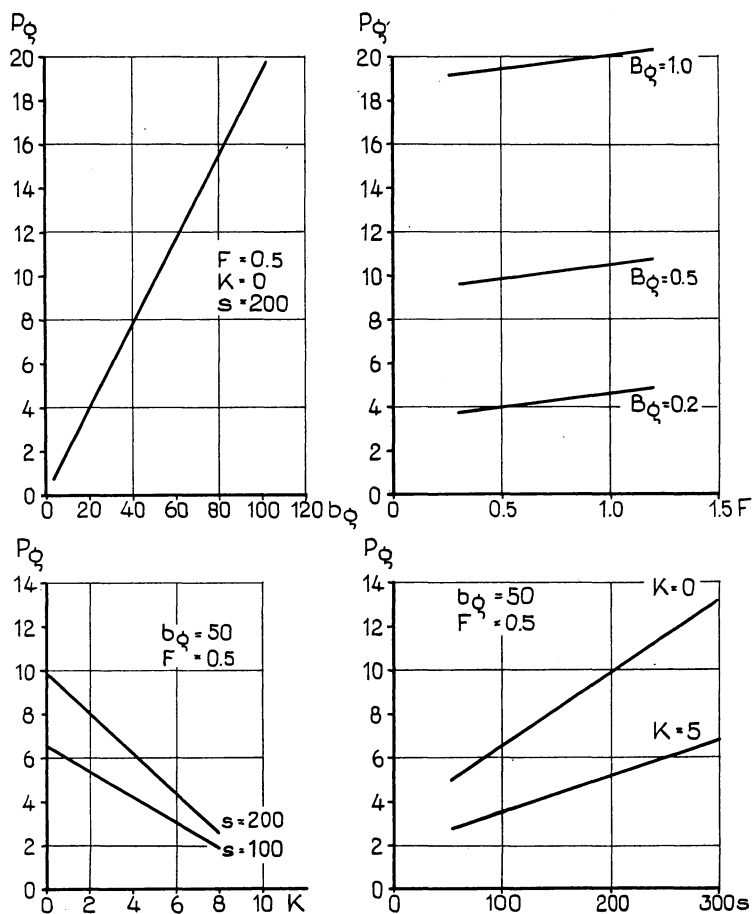


Fig. 23. Vissa partialsamband ur funktion 5a visande plantuppslaget av gran i markberedningsfläckar på FrBIR och dess beroende av olika förhållanden (jfr sid. 64—65).

Some partial relationships from function 5a showing the occurrence of Norway spruce seedlings in scarified spots on forest sites of the type FrBIR in relation to various conditions (cf. p. 231).

I stora fläckar finner man sålunda liksom beträffande tall flera plantor än som enbart förklaras av ytskillnader (fig. 23). Fläckformen har däremot synbarligen ingen betydelse för uppkomsten av granplantor.

I likhet med tall finner man också förhållandevis många plantor i glesa skärmar, särskilt i blandskärmar. Trots detta uppkommer i de täta skärmarna avsevärt individrikare föryngringar än i de glesa.

Av utförda residualstudier framgår, att plantuppslaget från det goda fröåret 1954 varit något bättre, och den efter detta år uppkomna, avsevärt gle-sare föryngringen varit något sämre än vad som erhålles när funktionen tillämpas. Skillnaderna är i och för sig små och rätt betydelselösa, men tendensen är klar och tyder på, att föryngringsresultatet efter sådana sporadiska kottsättningar som inträffar mellan goda fröår kan bli sämre än väntat, trots att hänsyn tagits såväl till lågt fröutbyte som dålig grobarhet. Detta fäster uppmärksamheten på fördelen av att vid markberedning för självsådd under gran inrikta sina åtgärder så, att verksam besåning från ett gott fröår erhålles i fläckarna.

Höjden över havet och trädstorleken har ej visat sig utöva nämnvärd effekt på plantuppslaget utöver den hänsyn som tagits vid beräkningen av besåningsvärdet.

Vid tillämpning av funktion 5a på fläckar tillhörande *fuktig blåbärsristyp* befanns, att de observerade värdena i genomsnitt endast uppgick till 32 procent av de beräknade. Ej heller för gran synes man därför på fuktig mark ha mycket att vinna i form av ökat plantuppslag genom markberedning.

*Gran. Frisk Dryopteris-ristyp.* Föryngringsresultatet beskrives på denna skogstyp rätt väl enbart med hjälp av besåningsvariabeln (funktion 6). Tidsfaktorn inverkar dock även här, så att föryngringsresultatet är förhållandevis bäst i de fläckar som mottagit frö från 1954. Vid varierande  $F$  synes  $P_t$  i materialet som helhet betraktat främst påverkas av rena ytskillnader i  $F$ , men uppdelas detta så att två grupper studeras, av vilka den ena erhållit frö från år 1954 och den andra ej, visar det sig, att planttätheten ökar med ökande  $F$  i den senare gruppen, under det att tendensen är svagare i den förra. Dessa utslag går i väntad riktning eftersom på skogstypen de fläckar som mottog frö från år 1954 genomgående var rätt nyupptagna och alltså ganska opåverkade av igenväxningsprocesser. I den andra gruppen fläckar måste däremot ett varierande stadium av igenväxning ha förekommit vid de inträffade fröfallen. Det bör framför allt vara i sådana situationer vi har anledning att vänta oss att fläckstorleken skall visa sig betydelsefull i detta hänseende.

Med hjälp av markberedning, som insättes lagom till ett gott fröår, har man tydligen möjlighet att erhålla utomordentligt rikliga plantuppslag på

denna skogstyp. Föryngringsresultatet är dock något sämre än vad man kan räkna med att erhålla i markberedningsfläckar på frisk blåbärsristyp.

Tillämpas funktion 6 på fläckar tillhörande den *friska örtris- och örttypen* erhålles i genomsnitt en överskattning av plantuppslaget med 9 resp. 25 procent. Ju frodigare markvegetationstypen är desto svårare har tydligen granplantorna i markberedningsfläckarna att slå till. Trots detta har även på sådana goda marker plantuppslaget blivit mycket individrikt i de fall det goda fröåret 1954 utnyttjats.

#### 12.3.2. Manuellt upptagna markberedningsfläckar.

Hittills har föryngringsresultatet efter traktormarkberedning behandlats. En hel del observationer har dock även utförts över plantuppslaget i manuellt upptagna fläckar. Det kan vara av intresse att jämföra föryngringsresultatet i dessa med det som erhålles i maskinfläckar av likartad storlek. Man kan ju t. ex. anse, att jämförelsevis små maskinfläckar är mer eller mindre misslyckade exemplar och därför bör ge ett sämre plantuppslag än lika stora handhackade. Å andra sidan bör även små maskinfläckar ha positiva egenskaper, som de manuellt upptagna saknar, t. ex. en relativt bred övergångszon till markvegetationen. Detta kan verka tillbakahållande på igenväxningen.

Jämförelserna har utförts så, att de för frisk blåbärs-ristyp erhållna tall- och granfunktionerna 2a resp. 5a tillämpats på alla manuellt upptagna fläckar inom den aktuella skogstypen. Tallföryngringen studerades i skärmar med tall ( $K = 06-10$ ) och plantuppslaget av gran i skärmar med påtaglig graninblandning ( $K = 00-04$ ).

Resultatet av dessa beräkningar visar, att fläckupptagningsmetoden så långt här kunnat utredas ej har någon betydelse för plantuppslaget. Tallföryngringens numerär understiger i de handupptagna fläckarna genomsnittligt den med hjälp av funktionen beräknade med endast 5 procent. Antalet i handupptagna fläckar påträffade granplantor är exakt lika stort som funktionsvärdet ger. Det synes ej heller, som om storleken hos de handhackade fläckarna skulle ha någon annan inverkan än den, till vilken hänsyn tas i de för traktormarkberedning erhållna funktionerna. Dessa är tydligen väl lämpade att återge föryngringsresultatet även efter manuell markberedning.

#### 12.3.3. Jordartens betydelse för plantuppslaget.

Det kan på förhand väntas, att jordarten är starkt korrelerad med skogstypen, så att t. ex. de torra och magra markerna rymmer de finjordsfattigaste jordarterna och att man på de bördigaste markerna övervägande finner finjordsrika jordar. Vid en analys av föryngringsresultatet med särskiljande

på olika jordarter skall vårt intresse därför uteslutande knytas till frågan, om dessa inom en och samma skogstyp givit upphov till genomsnittligt olika föryngringsresultat. Det är dock sannolikt, att skillnader i jordart ger uttryck för t. ex. bördighetsvariationer även inom en och samma skogstyp.

Eftersom observationsmaterialet är relativt starkt koncentrerat till frisk blåbärsristyp, inskränktes studiet av jordarten till denna skogstyp. Därtill utfördes en ytterligare sortering så, att plantuppslaget av tall studerades i skärmar med inslag av tall ( $K = 04-10$ ) och granföryngringen i skärmar med gran ( $K = 00-06$ ).

På den aktuella skogstypen utgöres huvuddelen av observationsmaterialet av sandig-moiga och moiga moräner (ca 70 procent i tall- och ca 80 procent i grangruppen). Vad beträffar de mest finjordsrika jordarna 3, 7, 8 och 9 (jfr sid. 23) omfattar de i grangruppen 20 procent av materialet, i tallgruppen endast 9 procent.

De olikheter i fråga om föryngringsresultatet, som man eventuellt skulle ha anledning att vänta sig mellan jordarterna inom en och samma skogstyp, är förutom bördighetsvariationer även, att de mer finjordsrika markerna i högre grad än de finjordsfattiga bör besväras av menligt inverkan av uppfrysningsprocesser. Då emellertid skärmen som tidigare visats har en starkt frostdämpande inverkan, bör skillnader jordarterna emellan i fråga om uppfrysning främst kunna iakttagas i glesa skärmställningar. Av denna anledning utfördes vid residualstudierna en ytterligare uppdelning av materialet i två skärmtäthetsgrupper, en glesare med mindre än 160 stammar per hektar och en tätare med stamantal däröver.

Av jämförelserna framgick emellertid, att några större skillnader i fråga om föryngringsresultatet de olika jordarterna emellan ej tycks föreligga. Ett undantag utgör möjligen uppslaget av tallplantor på de mest finjordsrika markerna i den glesa skärmgruppen, där förekomsten endast är ca 70 procent av den beräknade. Observationsmaterialet är emellertid ganska svagt i det aktuella intervallet. Utslaget går dock i väntad riktning. Inom den här behandlade skogstypen är det emellertid ganska sällan aktuellt att ställa glesa tallskärmar på finjordsrik mark, varför faran av ett sämre föryngringsresultat på dessa knappast bör ha några allvarliga konsekvenser. På bördigare skogstyper, där finjord är en vanligt förekommande komponent i marken, kan man däremot befara, att i den mån glesa tallskärmar är aktuella, dessa ofta kommer att stå på uppfrysningjordar.

#### 12.3.4 Det osårade humustäcket.

Förekomsten av *tallplantor tillhörande nyföryngringen* var vanligtvis ringa i de undersökta skärmarna. Någon möjlighet att dra nytta av detta plantuppslag annat än som ett relativt blygsamt komplement till plantuppslaget i

markberedningsfläckarna kan man ej räkna med, åtminstone ej på de friska markerna. Utsikterna att framgångsrikt utföra en statistisk analys med dylika individfattiga plantuppslag som grund är som tidigare behandlats sämre än om plantförekomsten är rikligare. Vi kan därför med regressionsanalysens hjälp endast vänta oss att kunna påvisa närvaron och betydelsen av de starkast inverkanande oberoende variablerna och får finna oss i en procentuellt sett betydande restspridning kring funktionerna.

En ytterligare nackdel när det gäller analysen av plantförekomsten i det osårade humustäcket är, att endast relativt kort tid förflutit från skärnhugg-

**Tab. 6. Funktioner för beräkning av förekomsten av nyföryngring i det osårade humustäcket.**

Functions for computation of the occurrence of new seedlings in the virgin humus cover.

Funktion nr Function No.	Skogstyp Forest site types	Variabler Variables				Spridning i procent av spridningen kring medelvärdet Dispersion in per cent of dispersion of the mean value
		Beroende var. Dependent variable	Oberoende var. Independent variable			
			Ben. Denota- tion	Koeff. Coefficients	Medelfel Standard error	
7	ToR	P <sub>t</sub>	a S T S <sup>2</sup> T <sup>2</sup>	+ 62,539 — 10,781 — 83,980 + 2,502 + 34,612	9,738 3,974 16,616 1,196 6,903	85
8	FrR	P <sub>t</sub>	a T K T <sup>2</sup>	+ 17,128 — 32,464 + 0,645 + 14,556	3,311 5,002 0,078 1,698	88
9	FrDrR+	P <sub>t</sub>	a T K T <sup>2</sup>	+ 5,399 — 9,454 + 0,245 + 4,385	3,081 5,162 0,056 2,137	97
10	FrR	P <sub>g</sub>	a H <sub>3</sub> S T KH <sub>3</sub> SH <sub>3</sub> T <sup>2</sup>	— 39,391 + 8,773 — 4,109 + 66,934 — 1,148 + 2,866 — 19,246	8,866 1,351 1,515 12,628 0,090 0,570 4,315	75
11	FrDrR+	P <sub>g</sub>	a H <sub>3</sub> T KH <sub>3</sub> SH <sub>3</sub> T <sup>2</sup>	— 85,025 + 10,540 + 123,460 — 0,944 + 3,666 — 37,550	40,297 2,206 66,509 0,326 0,775 27,356	76



nings- till observationstillfället. I de fall man vill utsträcka skärmperioderna över avsevärt längre tidsintervall är det därför svårt, att med observationsmaterialet som underlag, bedöma nyföryngringens numerär vid en sådan sen avvecklingstidpunkt.

Vid uppräkningsen av *nyföryngring av gran* visade det sig som tidigare nämnts omöjligt att skilja plantor från det goda fröåret 1954 från de fåtaliga, senare tillkomna. Alla dessa plantor har därför klassats som nyföryngring trots att de i vissa fall uppkommit ett par år före skärmhuggningsingreppet.

De vid regressionsanalysen erhållna funktionerna återfinnas i tab. 6. De viktigaste partialsambanden åskådliggöras grafiskt i fig. 24—26.

*Tall. Torr ristyp.* Skärmtätheten och tiden efter skärmhuggning är de enda variabler, som visat sig utöva starkare inflytande på plantförekomsten. Som man har anledning att vänta sig finner man på denna marktyp avsevärt fler plantor i de glesa skärmarna än i de täta. Efter 5 à 6 år har dock i genomsnitt endast 500—1 000 plantor per hektar infunnit sig i de glesa skärmarna.

Inom det korta tidsintervall efter skärmhuggning, som undersökningen omfattar, framstår en tydlig tendens till att nyföryngringens numerär inom de undersökta lokalerna minskar från 4 till 6 år. Härefter stiger åter plantförekomsten. Det är mycket svårt att avgöra, om det konstaterade förhållandet är av allmängiltig karaktär, eller beror på egenheter i undersökningsmaterialet. Ett förhållande som i viss mån talar mot det senare antagandet är, att samma tendens återkommer inom samtliga de analyserade skogstyperna. Dessa bildar från varandra rätt väl skilda materialgrupper. Skärmhuggningsingreppet medför en stark balansrubbing i markytans vegetations-samhälle. Under de första åren efter ingreppet får en viss konkurrensfrihet anses råda. Frö, som då faller till marken, bör ha relativt sett gynnsammare möjligheter att utvecklas till plantor än i en senare fas, då växtsamhället åter blivit mera stabilt och yppigt. Det verkar ej heller osannolikt, att den hårdnande konkurrensen i markytan under denna fas av skärmperioden medför en alltmer ökande avgång bland de unga och klena tallplantorna (jfr Siren 1948). Genom successiv besåning ökar plantantalet åter — vilket är välkänt — i ett senare skede.

Någon inverkan av trädstorlek och höjdläge har ej kunnat påvisas. Inom det på skogstypen relativt snäva intervallet har ej heller trädslagsblandningen visat sig ha nämnvärd betydelse för plantantalet.

*Tall. Frisk ristyp.* Nyföryngring av tall är på denna skogstyp mycket gles. Inom det aktuella tidsintervallet finner man i rena tallskärmar genomsnittligt endast omkring 500 plantor per hektar. Numerären står i nära nog direkt proportion till trädslagsblandningen.

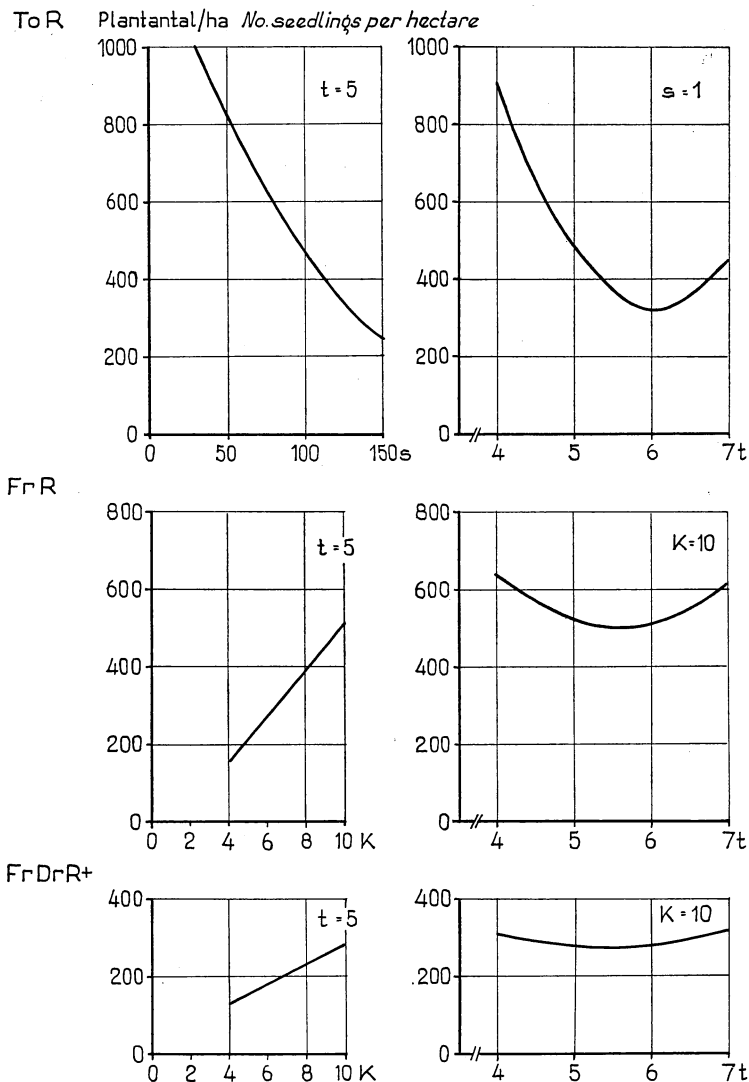


Fig. 24. Vissa partialsamband ur funktionerna 7—9 visande plantuppslaget av tall i det osårade humustäcket på resp. ToR, FrR och FrDrR+ och dess beroende av olika förhållanden (jfr sid. 64).

Some partial relationships from the functions 7—9 showing the occurrence of Scots pine seedlings in the virgin cover of humus on forest sites of the types ToR, FrR and FrDrR+ in relation to various conditions (cf. p. 231).

Även här är nyföryngringen glesast 5 à 6 år efter skärnhuggningen. Trädstorleken, höjden över havet och skärmtätheten har ej någon större betydelse för plantförekomsten. På friska marker står som tidigare berörts markvegetationens yppighet i nära samband med tätheten hos skärmen. Detta förhållande måste väntas motverka möjligheterna för plantor att slå till i

glesa skärmar, trots att andra förhållanden i dessa får antas verka i positiv riktning. Av erfarenhet vet man dock, att plantuppslaget under fröträd i gynnsamma lägen med tiden kan bli avsevärt större än det här funna. Väntetiden är emellertid vanligtvis ganska lång innan tillfredsställande resultat uppnås. Enligt Tirén (1949) måste man på hyggen med fröträd i dessa trakter vid 300 m. ö. h. vänta i genomsnitt ca 20 år för att erhålla 3 000 plantor per hektar.

Vid tillämpning av funktion 8 på *fuktig blåbärsristyp* visade det sig att de observerade plantantalen i genomsnitt översteg de beräknade med 17 procent.

*Tall. Frisk Dryopteris-ristyp* — *frisk örttyp*. På de bördigaste skogstyperna är förekomsten av nyföryngrade tallplantor ytterst gles. Plantantalet är här i genomsnitt endast hälften så stort som på frisk ristyp. Tidsfaktorn och trädslagsblandningen är också i detta fall de enda studerade variabler, som mer påtagligt förmår påverka nyföryngringens numerär.

*Gran. Frisk ristyp*. Höjdläget har en utomordentligt stor betydelse för förekomsten av nyföryngrad gran (fig. 25). Sambandsformen är för övrigt mycket likartad den som tidigare Tirén (1949) funnit. Från att ej ens nå upp till 1 000 plantor per hektar ovan 500 m. ö. h. överstiger planttätheten genomsnittligt 10 000 per hektar i rena granskärmar under 200 m. ö. h. Även i blandskärmar är förekomsten av granplantor påtaglig på lägre nivåer. Här finner man också de tätaste plantuppslagen i de stamrikare skärmarna. Ovan ca 500 m ändras detta förhållande så, att planttätheten något sjunker vid ökande skärmtäthet.

Tidsvariabeln har som tidigare berörts en speciell innebörd när man studerar förekomsten av nyföryngrad gran. Eftersom observationerna utförts vid en fixerad tidpunkt och skärnhuggningsingreppet varierar i tiden i förhållande till denna, samtidigt som den absoluta huvudparten av plantuppslaget tillkommit vid ett enda tillfälle, ger tidsvariabeln en uppfattning om hur många plantor, som återstår efter ett gott fröår, då skärnhuggning insättes vid olika tillfällen. I fig. 25 har därför partialsambandet mellan tidsvariabeln och plantantalet givits en speciell utformning. Den ungefärliga tidpunkten för fröfallet är markerad med en pil. Som framgår har de tätaste plantuppslagen registrerats i skärmar, som ställdes i omedelbar anslutning till detta fröfall. Ett icke oväsentligt antal plantor finns dock kvar i det aktuella höjdläget även om skärmen ställdes 2 à 3 år efter fröfallet. Bland plantor, som anläggas inne i ett granbestånd, sker tydligen med tiden en successiv avgång, men denna är ej större än att en skärnhuggning insatt flera år efter fröfallet förmår konservera en avsevärd del av detta plantuppslag. Vågar vi en extrapolation av sambandsförloppet, verkar det dock som om de plantor

som återstår efter så lång tid som 5 å 6 år är ganska få. Å andra sidan har man vid skärmhuggning på så långt avstånd i tiden från närmast föregående fröår, åtminstone i gynnsamma lägen, sannolikt kommit ganska nära ett nytt, vilket kan antas ge förnyring under skärmen.

Vid analysen har ingen skillnad kunnat konstateras i fråga om avgångens absoluta storlek vid jämförelse mellan olika höjdlägen och olika skärmtätheter. Detta innebär att decimeringen på högre höjder är av avsevärt allvarligare slag än på låga nivåer.

Trädstorleken har ej visat sig ha någon fastställbar inverkan på plantuppslagets numerär.

Vid tillämpning av funktion 10 på cirkelytor tillhörande *fuktig blåbärs-ristyp* visade sig de observerade plantantalen i genomsnitt överstiga de beräknade med 26 procent.

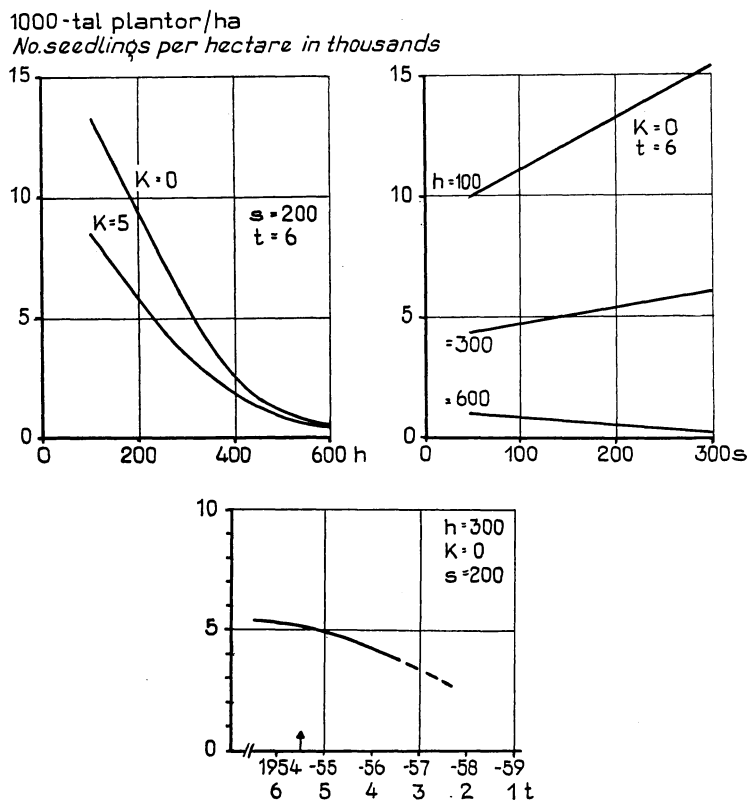


Fig. 25. Vissa partialsamband ur funktion 10 visande plantuppslaget av gran i det osårade humustäcket på FrR och dess beroende av olika förhållanden (jfr sid. 64 och text).

Some partial relationships from function 10 showing the occurrence of Norway spruce seedlings in the virgin cover of humus on forest sites of the type FrR in relation to various conditions (cf. p. 231).

Gran. Frisk *Dryopteris*-ristyp — frisk örttyp. På de bördiga markerna är plantuppslaget något individrikare än på frisk ristyp. I övrigt ger funktion 11 samma bild av de olika på föryngringsresultatet inverkan variablerna (fig. 26).

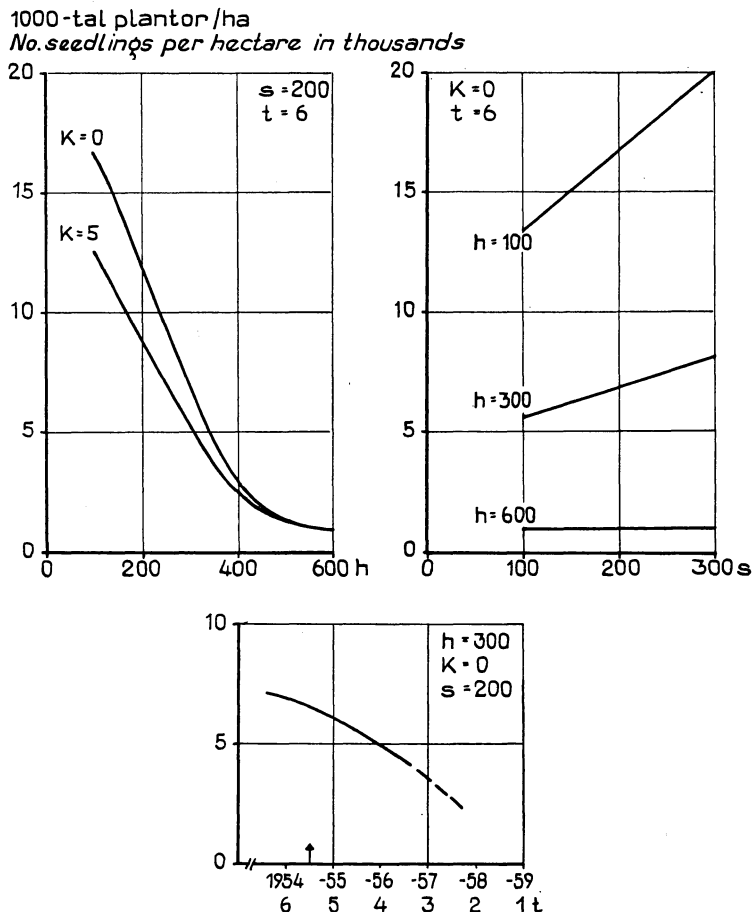


Fig. 26. Vissa partialsamband ur funktion 11 visande plantuppslaget av gran i det osårade humustäcket på FrDrR+ och dess beroende av olika förhållanden (jfr sid. 64 och text).

Some partial relationships from function 11 showing the occurrence of Norway spruce seedlings in the virgin cover of humus on forest sites of the type FrDrR+ in relation to various conditions (cf. p. 231).

### 12.3.5. Funktionernas tillämpbarhet.

Kring de vid regressionsanalysen erhållna funktionerna återstår i allmänhet en betydande restspridning. En av huvudorsakerna till detta är, att som element vid räkningarna de enskilda markberedningsfläckarna respektive cir-

kelytorna använts. Som senare närmare skall behandlas, förekommer mellan fläckar och mellan cirkelytor på samma skogstyp inom en och samma skärm en utpräglad variation i fråga om plantförekomst, vilken delvis måste anses betingad av slump effekter, om vilka vi ej äger närmare kännedom. Vi kan benämna detta förhållande »inomskärmsvariationen». Bildas medeltal av tillräckligt många observationpunkter i en skärmställning, kan vi dock vänta oss, att en stor del av denna inomskärmsvariation skall elimineras. Emellertid har vi även anledning vänta, att sålunda skärmvis erhållna medeltal kom-

**Tab. 7. Testning av vissa regressionsfunktioner genom skärmvis tillämpning (jfr. text).**

Testing of some regression functions by application on individual shelterwood stands (compare text)

Trädslag Species	Substrat Substratum	Skogstyp Forest site type	Använd fkn. nr Used function No.	Nedre gräns för P Lower limit of P	Standardavvikelsen i procent av medeltalet Standard deviation in per cent of mean value	
					Inom skärmar Within shelterwoods	Skärmmedeltal Shelterwood mean values
Tall Pine	Fläckar Spots	FrBIR	2 a	Hela materialet Entire material	227	43
				$P_t > 1,0$	114	24
				$P_t > 1,75$	92	14
Gran Spruce	»	»	5 a	Hela materialet	261	54
				$P_g > 3,0$	104	38
Tall Pine	Osårad humus Virgin humus cover	FrR	8	Hela materialet	367	68
				$P_t > 5,0$	169	48
				$P_t > 6,0$	148	21
Gran Spruce	»	»	10	Hela materialet	310	73
				$P_g > 20,0$	101	46

mer att avvika från det med hjälp av någon funktion erhållna. Storleken hos dessa avvikelser från det teoretiskt beräknade genomsnittliga föröyringsresultat måste vara bestämmande för våra utsikter att kunna använda funktionerna i det planerade prognossyftet (jfr sid. 59).

I avsikt att belysa dessa möjligheter har en särskild analys utförts med hjälp av några härför lämpade delar av undersökningsmaterialet. Som tidi-

gare framgått är den friska ristypen starkt representerad. Cirkelytor och markberedningsfläckar tillhörande denna skogstyp förekommer på nära nog alla de undersökta skärmtrakterna. Residualstudier har därför utförts så, att de för den aktuella skogstypen erhållna regressionsfunktionerna 2a, 5a, 8 och 10 tillämpats skärmvis. Under särskiljande av undersökningstrakterna beräknades differensen mellan observerat och beräknat plantantal i varje taxeringspunkt samt därtill den genomsnittliga differensen mellan observerat och beräknat plantantal inom skärmen. Härafter beräknades standardavvikelsen kring funktionsvärdet dels mellan taxeringspunkterna inom en och samma skärm, dels mellan de skärmvisa medelvärdena. Beräkningarna utfördes dels för hela materialet sammantaget, dels sedan de plantfattigaste skärmarna uteslutits. Det visar sig nämligen att standardavvikelsen kring funktionsvärdet väl ökar vid ökande planttillgång, men i allt långsammare takt, så att den, procentuellt sett, minskar. Tirén (1949) har tidigare påvisat samma tendens, erhållen vid en analys av liknande art som denna.

Resultatet av beräkningarna åskådliggöres i tab. 7. Som framgår är »inomskärmsvariationen» mycket betydande. Någon möjlighet föreligger tydligen ej att med hjälp av funktionen förutsäga plantförekomsten i en enda taxeringspunkt. Inom skärmar med förhållandevis gott föryngringsresultat minskar standardavvikelsen avsevärt, men är trots detta fortfarande stor.

Spridningen hos skärmmedeltalen, som är av större intresse, är däremot avsevärt lägre, särskilt där föryngringsresultatet är mera påtagligt. Våra möjligheter är dock begränsade, att med hjälp av någon lämplig funktion förutsäga plantuppslaget i en enda skärmställning. Vill vi utfärda någorlunda säkra prognoser måste genomsnittresultatet för grupper av ett varierande antal skärmar betraktas samtidigt. Vi utgår i det följande från, att formeln för medelvärdets medelfel är tillämplig i dessa fall. Under förutsättning att plantuppslaget under tall i markberedningsfläckar på frisk blåbärsristyp är så påtagligt att  $P_t > 1,0$  bör då en prognos med 10 procents medelfel kunna utföras för grupper om 2—6 spridda skärmställningar. Som senare skall visas är vårt intresse ringa, av att bedriva skärmföryngring med markberedningsaggregat av här aktuella konstruktioner där genomsnittligt lägre plantuppslag kan väntas.

Beträffande den glesa nyföryngringen av tall i det osårade humustäcket är gruppmedeltalens varians avsevärt mycket större. Av skärmar med mer än 500 plantor per hektar fordras, att minst 20 tas samman för att medelfelet i föryngringsprognosen skall understiga 10 procent, som dock i detta fall måste anses som en hög fordran.

Skärmmedeltalen för gran i markberedningsfläckar visar genomgående en större spridning kring sin funktion än skärmmedeltalen för tall kring sin. Av orsaker som tidigare berörts (sid. 73) har det också visat sig svårt, att

noga karakterisera fröfallet vid den svaga och sporadiska kottsättning, som uppträtt efter år 1954. Detta ger sig till känna genom en ganska stor osäkerhet när man med funktionens hjälp vill beskriva detta glesa plantuppslag inom enskilda skärmar. Under goda fröår produceras däremot täta föröngningar, vilka vanligtvis ger ett mer än tillräckligt individrikt plantuppslag. I dessa fall bör en prognos med 10 procents medelfel kunna utfärdas för grupper med mindre än 15 skärmar.

Trots de starka utslag som erhållits för olika variabler vid regressionsanalysen av granförekomsten i det osårade humustäcket, visar skärmmedeltalen en påtaglig variation kring de beräknade funktionsmedelvärdena. Det är tydligt att en prognos med 10 procents medelfel endast kan göras om många skärmar tas samman. Detta gäller även om man inskränker förutsägelseerna till det funktionsintervall som utvisar ett genomsnittligt sett ganska individrikt plantuppslag. En prognos med 10 procents medelfel bör dock i dessa fall kunna utfärdas för grupper om ett 20-tal skärmtrakter.

Eftersom de övriga skogstyperna är avsevärt svagare representerade än den friska ristypen, har någon liknande analys ej varit möjlig att utföra på dessa. Av jämförelser som gjorts framgår dock, att såväl inomskärmsvariansen som variansen hos skärmmedeltalen, till sin karaktär genomgående är mycket likartad den som behandlats ovan. I de fall då den uppnådda spridningsminskningen vid regressionsanalysen någorlunda överensstämmer med den som uppnåtts med hjälp av de ovan behandlade funktionerna bör tillämpbarheten i prognossyfte också vara ganska likartad. Det kan slutligen vara värt att med en viss tillfredsställelse konstatera, att vid tillämpningen det bästa resultatet erhållits med funktion 2a, gällande tallföröngring i markeringsfläckar på frisk blåbärsristyp. Som senare skall framgå är skärmföröngring särskilt användbar under tall, samtidigt som den friska ristypen är starkt representerad inom området. Denna skogstyp har dessutom visat sig vara förhållandevis föröngringsvillig. Vi kommer därför i det följande framför allt att använda oss av funktionen 2a vid vår behandling av föröngringsmetodens möjligheter.

#### 12. 4. *Tall- och granplantornas kondition och höjdtveckling*

Vid längdmätningar av den högsta plantan blir spridningen kring medelvärdet inom en och samma skärm av olika anledningar avsevärd, procentuellt sett. En härtill starkt bidragande orsak är olika ålder plantorna emellan. Åldersbestämningar utfördes av tidsskäl ej vid taxeringen. Sådana är mycket svåra att göra i skärmar, där plantornas utveckling ofta är tillbakasatt. Växtplatsens läge i förhållande till närmaste skärmträd inverkar också på plant-



utvecklingen som senare skall visas. Vidare är planthöjden i markberedningsfläckarna säkerligen beroende av igenväxningsgraden.

Ett studium av de vid taxeringen utförda höjdmätningarna kommer därför endast att kunna ge oss en relativt grov bild av medelhöjden hos de högsta plantorna och dess beroende av olika miljöförhållanden. När det gäller plantförekomsten i markberedningsfläckar, har denna information bedömts som otillräcklig för att ett hållbart omdöme skall kunna skapas om den uppkomna föryngringens kvalitet och framtidsutsikter. Det är åtminstone i tallskärmar till största delen dessa plantor som kommer att bilda den nya generationen.

#### 12.4.1. Särskilt studium av tall- och granplantor i markberedningsfläckar.

För att därför nå ytterligare insikt om plantornas kondition och utvecklingsförmåga i skärmar, utfördes sommaren 1961 en särskild planttaxering i ett antal av institutets fasta skärmförsök i mellersta och södra Norrland. Vissa data om dessa skärmar återfinnas i tab. 8. Allmänt kan sägas, att de rätt väl faller inom det allmänna undersökningsintervallets ram beträffande bonitet och stamtäthet. Skärmarna, som vid taxeringstillfället var 4—5 år gamla, står på frisk ristyp och uppvisar genomgående rätt goda föryngringsresultat, eftersom de ligger inom områden med goda fröproduktionsförhållanden.

I fig. 27 visas resultatet av ålders- och höjdbestämmingar på plantor i de särskilt inventerade skärmställningarna. Som synes befinner sig de högsta plantorna i påtaglig höjdtillväxt. Tallen växer något snabbare än granen. Efter 4 år ligger medelhöjden för tallen vid 6—12 cm. Motsvarande 3-åriga granplantor är 4—5 cm höga. Den ytterligare höjdutvecklingen är naturligtvis av stort intresse. Några lämpliga skärmar med äldre självföryngring finnes dock ännu ej att tillgå, men däremot föreligger mätningar från 7 år gamla sådder i skärmar, som ingår i institutets försöksserie. Dessa är också belägna i mellersta Norrland. Genomsnittsvärden för de genom sådd uppkomna plantornas höjd har därför infogats i diagrammet. Då såddens utvecklingsbetingelser i detta fall ej i nämnvärd grad kan skilja sig från självföryngringens, bör vi kunna tolka diagrammen så, att höjdutvecklingen i skärmar, liksom på kalhyggen, sker i allt snabbare takt med ökande ålder hos plantorna.

Värdet av en konstaterad höjdtillväxt, som mätare på livskraften hos plantuppslaget, måste dock variera beroende på föryngringsskedet. I vårt fall ökar samtidigt plantpopulationens storlek i skärmen. Vad som sedan på längre sikt händer med föryngringen under en tät skärmställning har däremot ännu ej kunnat utredas. Säkerligen minskar dock plantförekomsten

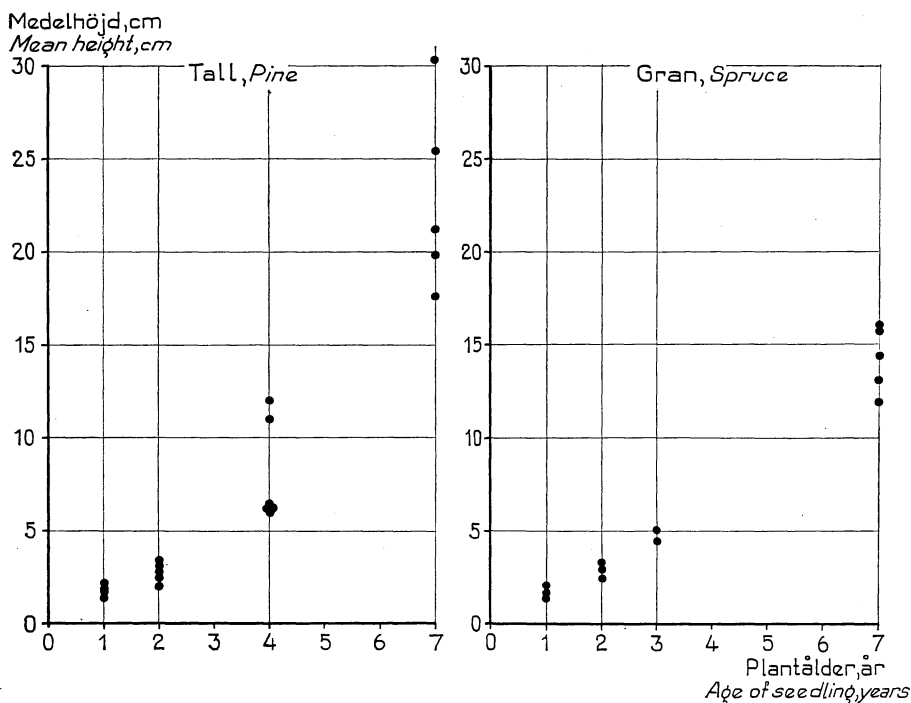


Fig. 27. I markberedningsfläckar under skärm växande högsta plantors medelhöjd vid olika plantålder.

Mean height of the tallest seedlings in scarified spots in shelterwood stands at various seedling ages.

åter. På längre sikt kan nämligen självföryngringen, om inte utglesningar företas, endast väntas fortleva på sådana ställen där konkurrensen från skärmträden är som minst. En höjdmätning, företagen vid en sådan sen tidpunkt, kommer endast att kunna ske på ett fåtal för plantorna gynnsamma ställen. Höjdtutvecklingen hos de påträffade plantorna kommer säkerligen fortfarande att vara ganska påtaglig, trots att föryngringsresultatet sett i stort är dåligt.

Vid planttaxeringen bedömdes också de högsta plantornas utseende ur växtlighetssynpunkt. Följande klassifikationsschema användes:

#### Växtlighetstyper

1. Frodiga plantor med robust stam samt tät, frisk barrskrud. Relativt ohämmad tillväxt.
2. Plantor med friskt, livskraftigt utseende. Stammen styv, barrskruden frisk. Tillväxten dock hämmad av skärmträden.

3. Plantor med klart nedsatt tillväxt. Stammen vek och barrskruden tunn. Utseendet dock godtagbart ur växtlighetssynpunkt. Avverkas skärmen måste plantorna anses som utvecklingsdugliga.

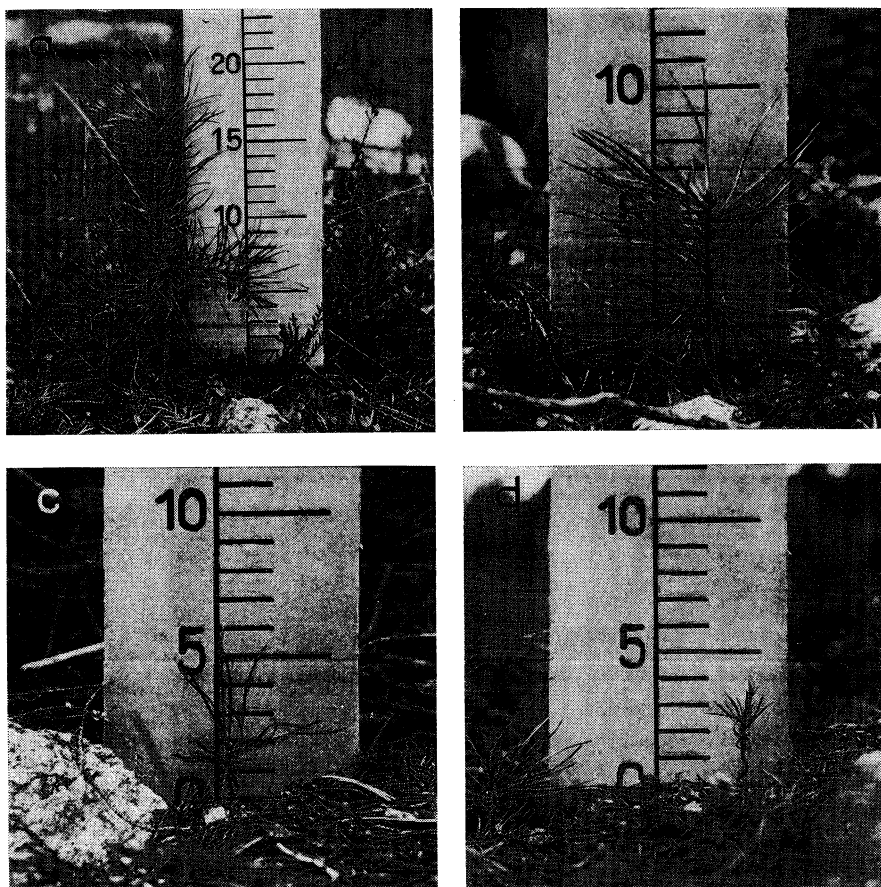


Fig. 28. Naturföryngrade tallplantor i markberedningsfläckar under skärm. Centimeterskala.

- a. Växtlighetstyp 1 (se text).  
 b. » 2 »  
 c. » 3 »  
 d. » 4 »

Naturally established seedlings of Scots pine in scarified spots under a shelterwood stand. Ruler graduated in cm.

- a. vigour type 1 (cf. text).  
 b. » 2 »  
 c. » 3 »  
 d. » 4 »

4. Tynande, livshotade plantor. Stammen gänglig och barrfattig. Förmågan till godtagbar tillväxt efter skärmens avveckling måste ifrågasättas. Gruppen omfattar dessutom alla andra typer av plantor, vilkas möjligheter att fortleva av olika anledningar är osäker.

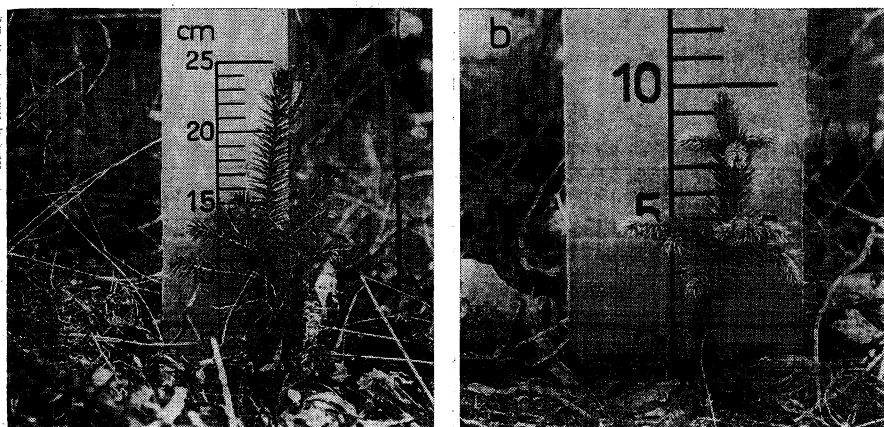


Fig. 29. Naturföryngrade granplantor i markberedningsfläckar under skärm.

a. Växtlighetstyp 1 (se text).

b. » 3 »

Naturally established seedlings of Norway spruce in scarified spots under a shelterwood stand

a. vigour type 1 (cf. text)

b. » 3 »

I tab. 8 ovan visas en sammanställning av bedömningarna, varvid frekvensen fläckar med högsta plantor tillhörande olika växtlighetstyper har beräknats. Genomsnittsåldern hos plantorna i tallskärmarna är 2—4 år, d. v. s. mycket nära den genomsnittsålder, som får antas karakterisera de i huvudundersökningen ingående tallplantorna (jfr sid. 55). Granplantorna är däremot här avsevärt yngre eller i genomsnitt endast 1—2 år gamla.

Av grupperingarna framgår såväl beträffande tall som gran, att huvudparten av de undersökta fläckarna haft högsta plantor tillhörande de bästa typerna 1 och 2. Frekvensen fläckar med högsta planta, tillhörande den sämsta typen 4, är låg och överstiger endast i ett fall 10 procent.

Resultatet av de här utförda mätningarna och bedömningarna kan sammanfattas så, att huvudparten av de i markberedningsfläckar under skärm uppspirande plantorna, åtminstone vad de högsta individerna angår, karakteriseras av en påtaglig höjdtillväxt. De är även till övervägande delen godartade vad växtlighetstypen angår. Det sagda gäller höjdtillväxten åtminstone i upp till 7 år gamla markberedningar och beträffande växtlighetstypen tillståndet 4 à 5 år efter markberedningen. Det bör observeras att två av de undersökta skärmarna (F 24 och F 31) måste anses såsom extremt täta.

**Tab. 8. Frekvensen fläckar med högsta planta tillhörande olika växtlighetstyper i 4—5 år gamla skärmar, belägna i mellersta och södra Norrland.**

Frequency of spots with tallest seedling belonging to various vigour types 4—5 years after shelterwood setting; the southern half of North Sweden.

Provyta nr Area of investigation No.	H.ö.h. m Altitude m	Bon. (Jonson) Site class (Jonson)	Stamant./ha No. trees/hectare		Frekvens fläckar med högsta planta tillhörande olika växtlighetstyper. Procent Frequency of spots with tallest seedling belonging to various vigour types. Per cent							
			Tall Pine	Gran Spruce	Tall Pine				Gran Spruce			
					1	2	3	4	1	2	3	4
F 24	290	III—IV	260	0	6	48	38	8	—	—	—	—
F 25	290	III—IV	106	72	38	38	21	3	10	49	34	7
F 27	375	IV—V	160	0	14	23	50	13	—	—	—	—
F 28	50	III+	80	20	57	32	11	0	25	58	17	0
F 30	310	IV	89	0	39	34	23	4	—	—	—	—
F 31	210	III—	59	172	34	33	31	2	56	22	19	3

**Tab. 9. Funktioner för beräkning av den högsta plantans höjd i markberedningsfläckar.**  
 Functions for computation of the height of the tallest seedling growing in scarified spots.

Funktion nr Function No.	Skogstyp Forest site types	Variabler Variables				Spridning i procent av spridningen kring medelvärdet Dispersion in per cent of dispersion of the mean value
		Beroende var. Dependent variable	Oberoende var. Independent variable			
			Ben. Denota- tion	Koeff. Coefficients	Medelfel Standard error	
12	ToR	L <sub>t</sub>	a T S <sup>2</sup> ST	— 3,3387 + 9,6644 + 1,2442 — 4,0339	1,3577 1,6567 0,2940 1,0407	92
13	FrR	L <sub>t</sub>	a T S <sup>2</sup> ST	— 3,1634 + 13,5039 + 0,5727 — 4,6764	1,0880 1,2181 0,1423 0,6988	93
14	FrDrR+	L <sub>t</sub>	a T S <sup>2</sup> ST	— 6,5370 + 18,4006 + 0,4894 — 4,6482	5,0837 6,1733 0,3885 2,2618	95
15	FrR	L <sub>g</sub>	a K S F T H <sub>1</sub> TH <sub>1</sub>	— 10,8200 — 0,2626 — 1,1289 + 2,0299 + 25,0663 + 3,2649 — 4,4436	3,5885 0,0338 0,1880 0,3040 3,6710 0,9387 0,9212	93
16	FrDrR+	L <sub>g</sub>	a F T TH <sub>1</sub>	— 4,7087 + 2,0779 + 16,8302 — 1,1609	1,9751 0,7891 2,0526 0,1009	89

#### 12.4.2. Regressionsanalys av planhöjden i markberedningsfläckar.

Uppställda på samma sätt som tidigare återges i tab. 9 regressionsfunktioner avsedda att beskriva sambandet mellan olika betydelsefulla förhållanden i skärmarna och medelhöjden hos de högsta plantorna i markberedningsfläckarna. Som framgår återstår genomgående en betydande restspridning kring funktionerna. Detta förklaras som tidigare behandlats främst därav, att mätningarna är utförda på plantor med en ålder varierande mellan 1 och 6 år. Trots att de högsta plantorna sällan når över 30 cm, och vanligtvis är avsevärt kortare, blir den procentuella höjdvariationen, t. ex. inom en och samma skärm, högst betydande. Från skoglig synpunkt kan denna höjdspridning ännu knappast tillmätas någon större betydelse, men den ger sig starkt till känna vid regressionsanalysen. En utväg att nedbringa variationen är att som element arbeta

med gruppmedelvärden i stället för som här med de enskilda höjdmätningarna. På så sätt skulle den s. a. s. naturliga »inomskärmsvariationen» till stor del kunna elimineras. Härigenom försvåras dock skogstypsanalysen samt våra möjligheter att påvisa betydelsen av vissa variabler.

Vid räkningarna har med undantag för besåningen samma variabler som tidigare prövats (sid. 64). Antalet utförda höjdmätningar är naturligtvis proportionellt mot det inom respektive skogstyper påträffade antalet plantförande fläckar. Inom plantfattigare eller mindre väl representerade typer är höjdmätningarna av denna anledning fåtaliga. För att erhålla tillräckligt omfattande materialgrupper, har därför analysen utförts med skogstyperna indelade i vidare klasser än tidigare (se tab. 9).

Innan vi mer i detalj granskar de erhållna funktionerna, kan det vara skäl att beröra vissa betydelsefulla begränsningar i deras tillämpbarhet, utöver dem som tidigare angivits (tab. 4). På grund av det dåliga föryngringsresultatet av tall på höga nivåer saknas sålunda höjdmätningar beträffande detta trädslag så gott som helt ovan 450 m. ö. h. Funktionerna 12—14 är därför endast tillämpbara under denna höjdgräns. Av samma anledning bör dessa funktioner också huvudsakligen användas för skärmar med påtaglig tallinblandning. Granföryngring förekommer däremot när det gäller de äldre markberedningarna inom alla höjdlägen och i de flesta skärmtyper. Vad däremot de yngre skärmarna angår är granförekomsten i markberedningsfläckarna huvudsakligen lokaliserad till nivåer under 400 m. ö. h. De skillnader som konstaterats i fråga om tillväxthastighet olika höjdlägen emellan, gäller därför endast upp till denna höjdnivå.

*Tall. Alla skogstypsgrupper.* Av samtliga prövade variabler har på samtliga skogstyper endast skärmtätheten och tiden efter markberedningen visat sig betydelsefulla (fig. 30). Höjdtvecklingen sker avsevärt snabbare i glesa skärmar än i täta (jfr Lehto 1956). Markens bördighet spelar också stor roll så att plantorna vid varje tidpunkt och oberoende av skärmtätheten är lägst på ToR och högst på FrDrR+. Vid 100 stammar per hektar når de högsta plantorna efter 7 år i genomsnitt ca 6 cm:s höjd på den torra ristypen, ca 10 cm på frisk ristyp och ca 13 cm på den bördigaste skogstypsgruppen. På frisk mark är emellertid höjdtvecklingen fullt påtaglig även i täta skärmar (> 200 stammar per hektar), trots att den här är avsevärt långsammare än i glesa. Det bör påpekas, att tillkomsten av nya plantor är störst i de tätare skärmarna, vilket verkar tillbakahållande på plantmedelhöjden i dessa. Den erhållna regressionsfunktionen för FrDrR+ är rätt svagt underbyggd på grund av den knappa tallförekomsten. Den har emellertid medtagits eftersom de erhållna sambandsformerna till sin art mycket väl överensstämmer med dem som erhållits inom de båda övriga mer materialstarka grupperna.

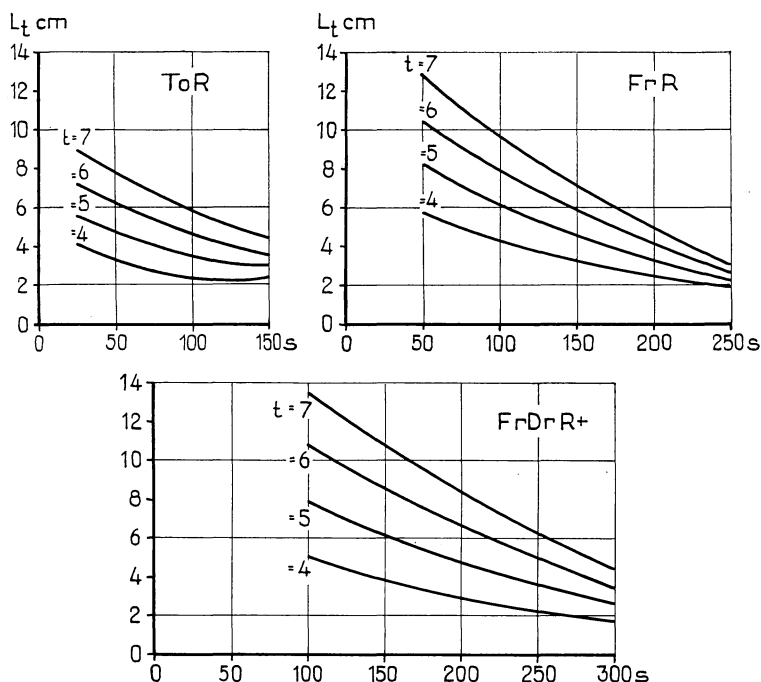


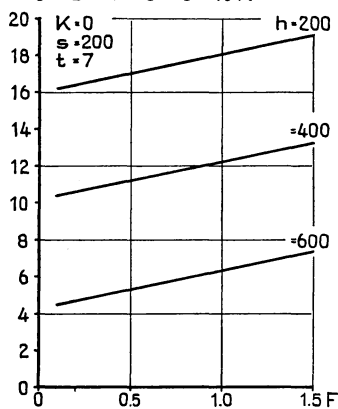
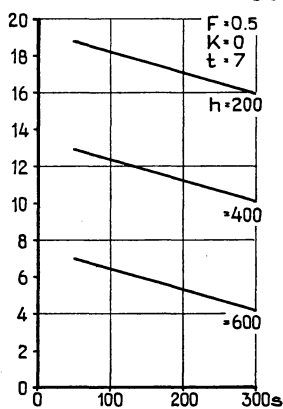
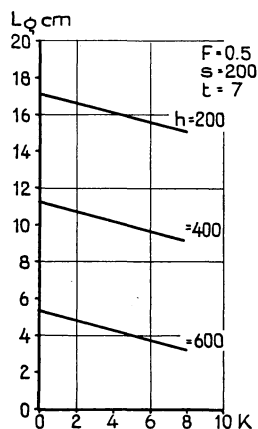
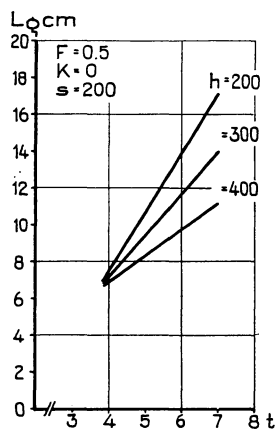
Fig. 30. Vissa partialsamband ur funktionerna 12—14 visande medelhöjden av de högsta tallplantorna i markberedningsfläckar på resp. ToR, FrR och FrDrR+ och dess beroende av tidsfaktorn och skärmtätheten (jfr sid. 64).

Some partial relationships from the functions 12—14 showing the mean height of the tallest Scots pine seedlings in scarified spots on forest sites of the types ToR, FrR and FrDrR+ in relation to time and density of shelterwood (cf. p. 231).

*Gran. Friska skogstyper.* På frisk mark är som tidigare visats plantuppslaget i en del av de undersökta skärmarna ganska likåldrigt och mycket individrikt. Det är naturligt, att dessa föryngringar sätter sin prägel på analysen av plantmedelhöjden. Ett förhållande som påkallar särskild uppmärksamhet när det gäller att tolka de utslag som man erhåller av en sådan analys, är den s. k. »statistiska urvalseffekten» (se närmare Tirén 1953 s. 42). Vid höjdmätningar, som inskränker sig till den högsta förekommande plantan, ökar sannolikheten att en särskilt hög individ skall påträffas ju fler plantor man har att välja emellan. I vårt fall påverkas plantantalet starkt av fläckstorleken, skärmtätheten, trädslagsblandningen och tidsfaktorn. Även om dessa variabler helt skulle sakna möjlighet att påverka den enskilda plantans höjdtillväxt, medför den statistiska urvalseffekten, att inom vissa gränser sannolikheten är störst att finna de högsta plantorna, där de tätaste föryngringarna registrerats. De konstaterade höjdskillnaderna är naturligtvis fullt reella, men gör det svårt att utan tillgång till undersökningsmaterial av speciell karaktär, som här



Fr R



FrDrR+

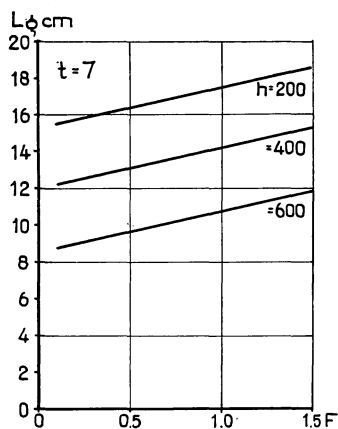
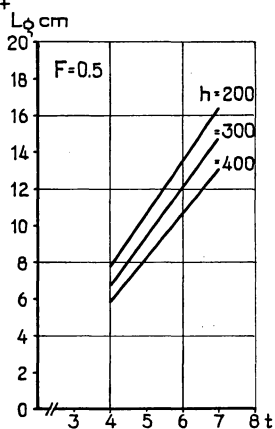


Fig. 31. Vissa partialsamband ur funktionerna 15—16 visande medelhöjden av de högsta granplantorna i markberedningsfläckar på resp. FrR och FrDrR+ och dess beroende av olika förhållanden (jfr sid. 64).

Some partial relationships from the functions 15—16 showing the mean height of the tallest Norway spruce seedlings in scarified spots on forest sites of the types FrR and FrDrR+ in relation to various conditions (cf. p. 231).

saknas, undersöka den isolerade biologiska betydelsen för plantmedelhöjden av ovan nämnda variabler.

På frisk ristyp varierar som framgår av fig. 31 plantmedelhöjden med 2 å 3 cm beroende på fläckstorleken, trädslagsblandningen och skärmtätheten. Höjdtillväxten är avsevärt snabbare på långa nivåer än på höga. Vid 200 m över havet är plantmedelhöjden efter 7 år ca 17 cm, vid 400 m över havet endast ca 11 cm.

I gruppen FrDrR+ erhålles ej som på den friska ristypen något utslag för skärmtätheten och trädslagsblandningen. Det erinras om att igenväxningen snabbt kan bli betydande i glesa skärmar på bördig mark. Detta måste verka tillbakahållande på plantornas utvecklingsförmåga. Fläckstorleken inverkar däremot på ungefär samma sätt som tidigare. Detsamma gäller även tids- och höjdvariablerna.

Såväl på grund av svag representation, som på ringa praktiskt skogligt intresse, har någon analys ej utförts av planthöjden på torr ristyp.

#### 12.4.3. Tall- och granplantornas höjd i det osårade humustäcket.

Vid cirkelytetaxeringen av plantor i det osårade humustäcket mättes den högsta plantan oberoende av om den hänförts till gruppen bestånds- eller nyföryngring. Detta innebär för tallens vidkommande, att det förra plantuppslaget i någon mån sätter sin prägel på den erhållna plantmedelhöjden, eftersom båda grupperna ofta är ungefär lika individrika, och beståndsföryng-

**Tab. 10. Funktioner för beräkning av den högsta plantans höjd i det osårade humustäcket.**

Functions for computation of the height of the tallest seedling growing in the virgin humus cover.

Funktion nr Function No.	Skogstyp Forest site types	Variabler Variables				Spridning i procent av spridningen kring medelvärdet  Dispersion in per cent of dispersion of the mean value
		Beroende var. Dependent variable	Oberoende var. Independent variable			
			Ben. Denota- tion	Koeff. Coefficients	Medelfel Standard error	
17	ToR	L <sub>t</sub>	a T TS	— 13,4211 + 33,9701 — 6,4816	4,2591 3,9879 1,0255	80
18	FrR	L <sub>t</sub>	T TS	+ 27,6002 — 6,6943	1,4810 1,1183	83
19	FrR+	L <sub>g</sub>	a T S TS	— 17,9127 + 32,0898 + 10,5417 — 12,3081	1,5786 1,4479 1,0592 1,0590	81

ringen genomgående är längre hunnen i fråga om medelhöjd. I granskärmarna överväger däremot nyföryngringen på lägre höjdnivåer markant till numerären, och bestämmer i stort sett plantmedelhöjden. På högre nivåer, där bestånds- och nyföryngring vad individrikedomen angår väger mera jämnt, råder beträffande planthöjden samma förhållande som hos tallen. De erhållna funktionerna återfinnas i tab. 10.

*Tall. Torr och frisk ristyp.* På de bördigaste skogstyperna är materialet av höjddobservationer alltför knapphändigt för att medge en närmare analys. Inom de båda övriga skogstypsgrupperna har som i markberedningsfläckar endast skärmtätheten och tidsfaktorn visat sig utöva nämnvärd effekt på plantmedelhöjden (fig. 32). Höjdtillväxten sker även här snabbast i de glesaste skärmar-

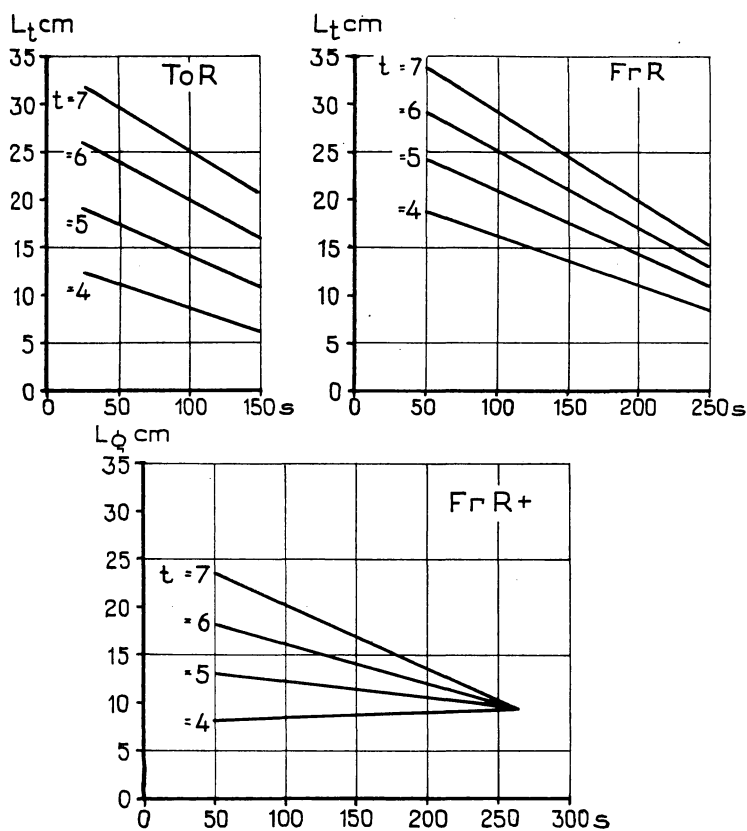


Fig. 32. Vissa partialsamband ur funktionerna 17—19 visande medelhöjden av de högsta tallplantorna i det osårade humustäcket på ToR och FrR, samt d:o för granplantorna på FrR+, och dess beroende av tidsfaktorn och skärmtätheten (jfr sid. 64).

Some partial relationships from the functions 17—19 showing the mean height of the tallest Scots pine seedlings in the virgin cover of humus on forest sites of the types ToR and FrR, and same for the Norway spruce seedlings on forest sites of the type FrR+, in relation to time and density of shelterwood (cf. p. 231).

na, där vid 50 stammar per hektar de högsta plantorna efter 7 år beroende på skogstypen i genomsnitt är 30 à 35 cm höga. Även i tätare skärmare sker dock en rätt påtaglig höjdtillväxt.

*Gran. Friska skogstyper.* Även här har endast skärmtätheten och tidsfaktorn betydelse för plantmedelhöjden. Några större skillnader de olika friska skogstyperna emellan har ej kunnat konstateras. Detta något uppseendeväckande förhållande kan bero på, att den hårdare kampen mot markvegetationen på de bördigare typerna motverkar den gynnsamma effekten av en näringsrikare växtplats. I de glesare skärmarna sker plantmedelhöjdens tillväxt avsevärt snabbare än i de tätare. Vid 100 stammar per hektar uppgår den till ca 4 cm per år, vid 200 stammar är den endast ca 2 cm.

#### 12.4.4. Sammanfattning.

Sammanfattar vi våra erfarenheter av analysen beträffande plantmedelhöjden kan sägas, att av de här prövade variablerna, utom i några fall där den statistiska urvalseffekten kan antas spela en framträdande roll, endast skogstypen, tidsfaktorn, skärmtätheten och höjdläget är av väsentlig betydelse. Höjdtillväxten är alltid störst i de glesa skärmarna, men på friska marker är den påtaglig även vid 200 stammar per hektar och mer. Vidare har det framgått, att den allmänna konditionen hos plantor, som uppkommit efter Tmb, är ganska god även i täta skärmar. Detta gäller åtminstone intill det 5:te året efter markberedningen och sannolikt även ytterligare någon tid. Eftersom plantuppslaget, åtminstone i måttliga höjdlägen, ökar med ökande skärmtäthet, är det, så länge avsikten endast är att anlägga ett tillräckligt individrikt och livskraftigt plantbestånd, tydligen förknippat med större fördelar än nackdelar, att låta självsådd efter markberedning komma upp under täta skärmar. Eftersträvar man å andra sidan av någon anledning att konservera föryngringen under längre tid, är glesa eller utglesade skärmar att föredra. I markberedda skärmar på friska skogstyper föreligger dock i så fall risk för att individrikedomen blir lägre. Som senare skall framgå talar även många andra förhållanden till de stamrika skärmarnas förmån.

### 12. 5. *Det enskilda skärmträdets betydelse för plantuppslaget i markberedningsfläckarna*

Tidigare har stamantalets betydelse för plantuppslaget blivit belyst. Detta täthetsbegrepp ger dock ingen direkt uppfattning om hur plantorna påverkas av närheten till det enskilda skärmträdet. Det är t. ex. tänkbart, att även om skärmtätheten i och för sig medger ett tillräckligt individrikt plantuppslag,

detta dock genom förekomst av konkurrenzoner blir grupperat så, att skadliga brunnar skapas. Det är också möjligt, att höjdtvecklingen hos sådana plantor som slår till nära skärmträden är så hämmad, att en alltför stor ojämnhet i höjdfördelningshänseende kan bli följd. Beträffande plantor växande i det osårade humustäcket skall senare en särskild analys utföras över gruppställdheten.

För att ge en uppfattning om ovan beskrivna förhållanden, utfördes en sortering av plantuppslaget i markberedningsfläckar på frisk ristyp, 200—399 m. ö. h. Tall studerades i tallskärm ( $K \geq 07$ ) och gran i granskärm ( $K \leq 03$ ),  $< 4,5$  resp.  $< 6,0$  vegetationsperioder efter Tmb. Resultatet återges i fig. 33. För att möjliggöra en bättre jämförelse mellan de båda trädslagen anges plantförekomst och höjdfördelning som relativtal där tillståndet 2,0 meter från trädet = 100.

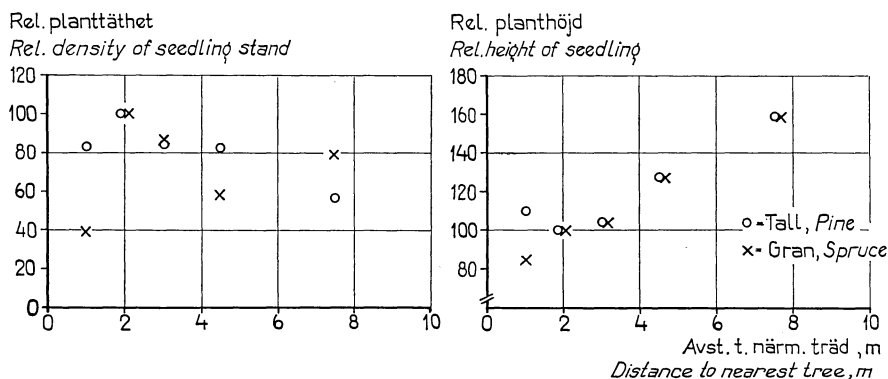


Fig. 33. Betydelsen av avståndet till närmaste träd för planttätthet resp. högsta plantas medelhöjd i markberedningsfläckar. Relativtal. Förhållandet vid 2,0 m = 100. Influence of distance to the nearest tree on the occurrence of seedlings and on the mean height of the tallest seedling in scarified spots. Relative numbers. Values at 2.0 m = 100.

Båda trädslagen ger en samstämmig bild av de studerade förhållandena. Plantuppslaget är störst ca 2 meter från trädet och sjunker sedan i båda riktningarna. Uppslaget av tall är dock förhållandevis rikligt även nära trädstammen. Förekomsten av granplantor på en meters avstånd är mindre. Olikheter på denna punkt trädslagen emellan är väntad, emedan granens täta, närmare marken belägna krona säkert skapar förhållandevis ogynnsammare växtbetingelser.

Den högsta plantans medelhöjd tilltar med ökande avstånd från trädet. Detta är naturligt, eftersom konkurrensen från detta successivt måste minska. Tendensen är mycket likartad för båda trädslagen.

Trots de här påtalade tendenserna kan man av diagrammen dra den slutsatsen, att de enskilda träden, åtminstone på denna marktyp och i detta skede

av förnygringsprocesserna, endast skapat små ojämnheter i den förnygring som förekommer i markberedningsfläckar. Det sagda gäller såväl plantförekomst som planthöjd. Om undersökningen hade utförts på ett senare stadium, hade sannolikt resultatet blivit ett annat. Man måste räkna med, att luckigheten och ojämnheten ökar med tiden. Det är därför viktigt att markberedningen insättes vid en sådan tidpunkt, att skärmen kan avverkas sedan den fullgjort sin uppgift som fröproducent och som eventuellt skydd för de unga plantorna mot t. ex. uppfrysning, men innan den hunnit utöva en ogynnsam inverkan så att skadliga ojämnheter skapats.

### 12. 6. Beståndsförnygringen

Som tidigare nämnts har skärmarna uppstått ur bestånd av mycket varierande utseende och med växlande förhistoria. Dessa har ibland varit glesa och oväxtliga, närmast att hänföra till kategorin restbestånd, andra har varit mer normala såväl vad beträffar slutenhet som växtlighet. Mellan dessa ytterligheter förekommer alla upptänkliga variationer. Själva skärmhuggningen har genomgående åtföljts av en radikal bortröjning av underväxten, och den beståndsförnygring som återstår tillhör så gott som genomgående den kategori som knappast nått över dvärgstadiet. På grund av dessa förhållanden är det klart, att det antal plantor måste vara högst varierande, som man påträffade vid taxeringen, och till vilket man ansåg sig kunna knyta förhoppningar som framtida beståndsbildare. Beståndsförnygringens numerär och utseende beror därför inte bara på de förhållanden, till vilka hänsyn tagits vid beskrivningen av nyförnygringen, utan även av andra som i efterhand är mycket svåra att uppskatta.

\*

Vid studiet av beståndsförnygringen hänfördes skärmtrakterna beroende på trädslagsblandningen före skärmhuggningen till endera kategorin tallbestånd ( $K \geq 07$ ), blandbestånd ( $K = 04-06$ ) eller granbestånd ( $K \leq 03$ ). Inom var och en av dessa grupper utfördes sorteringar och gruppbildningar för att utröna den eventuella betydelsen av olika förhållanden. Det måste på förhand understrykas, att beståndsförnygring av såväl tall som gran vanligtvis är mycket gles. Någon möjlighet att bygga det kommande beståndet enbart på dessa plantor föreligger sällan.

*Tall:* Förekomsten av beståndsförnygring av tall är starkt beroende på skogstypen. På friska marker är plantuppslaget vanligtvis mycket glest. Den högsta noteringen är ca 1 000 plantor per hektar, men ofta har ej ens 100-talet registrerats. Medelvärde ligger vid 100 à 200 plantor per hektar. På

torr ristyp är däremot beståndsföryngringen tätare, i medeltal drygt 2 000 plantor per hektar. På tallmarker av denna typ kan man tydligen räkna med att redan vid skärnhuggningen ha en rätt stor del av det önskvärda plantuppslaget på marken, en slutsats som ju överensstämmer med tidigare erfarenheter.

Beståndstätheten före skärnhuggningen synes ha viss betydelse, så att de glesaste bestånden också varit de plantrikaste. Skillnaderna är dock inte särskilt stora. I de skärmar på frisk mark, som uppstått ur förhållandevis glesa utgångsbestånd ( $< 400$  stammar per hektar), har i undantagsfall något 1 000-tal utvecklingsdugliga plantor registrerats. Medelvärdet ligger dock också i denna grupp mycket lågt, vid ca 300 plantor per hektar. Även på torr mark är beståndsföryngringen tätast i skärmar med de glesaste utgångsbestånden.

Höjden över havet betyder rätt litet när det gäller förekomsten av beståndsföryngring. Undantag utgör möjligtvis friska marker över 500 m. ö. h., där särskilt låga plantantal registrerats. På den torra ristypen har däremot ganska täta beståndsföryngringar uppmätts även i höjdlägen. Utgångsbestånden har då samtidigt varit glesa.

Våra möjligheter att basera generationsväxlingen på beståndsföryngring av tall är tydligen starkt begränsade. Detta trots att utgångsbestånden ofta varit glesa. Resultatet av den skogsvård som numera tillämpas i uppväxande medelålders och äldre bestånd, varvid ju vanligtvis god slutenhet eftersträvas, måste på frisk mark resultera i att man vid skärnhuggning i framtiden endast kan vänta sig att finna ett mycket litet antal tallplantor (kanske 200 à 300 per hektar), vilka kan ingå som medlemmar i den kommande skogsgenerationen. Har gallringarna bedrivits hårdare, vilket är tänkbart om man tidigt inriktar sig på en kommande skärföryngring, kan man kanske vänta sig att finna upp emot 1 000 acceptabla plantor per hektar när föryngringshuggningen företas. På de torra markerna vet man däremot av erfarenhet att beståndsföryngringen genom gallringar av lämplig styrka mot slutet av omloppstiden kan förmås att bli mycket individrik, ofta fullt tillräcklig för den kommande generationen. Detta gäller även i höjdlägen.

*Gran:* Med beståndsföryngring av gran avses här endast plantor uppkomna före år 1955.

Skogstypen har viss betydelse för beståndsföryngringens riktighet. När det gäller gran är det, som man kan vänta sig, de bördigaste typerna, som uppvisar de flesta plantorna. Även här är emellertid plantantalen mycket låga. På frisk blåbärsristyp ligger genomsnittet vid ca 400 per hektar och går endast i undantag upp mot 1 000 plantor. På de bättre skogstyperna har i medeltal 500 à 600 plantor per hektar uppräknats.

Liksom för tallen synes höjden över havet ha mycket liten betydelse för beståndsföryngringens numerär. Det sagda synes av observationsmaterialet att döma gälla åtminstone upp till 600 m. ö. h.

Utgångsbeståndens täthet har betydelse också för granföryngringen. De plantrikaste lokalerna har varit de före skärmställningen glesaste.

## 12. 7. Björkföryngringen

Björkfrön är som bekant mycket små och har vanligtvis svag livskraft. Till antalet produceras de däremot i stora kvantiteter. Ehuru spridningen av björkens frön är betingad av samma lagar som tallens och granens (Sarvas 1947), nämligen så att mest frö faller närmast fröträdet, medför den oerhört rikliga produktionen, att besåningsintensiteten kan bli hög även långt från frögivaren. En enda björk kan därför beså stora områden.

Det måste antas, att huvuddelen av allt lövuppslag i skärmarna bör avlägsnas i samband med den första plantröjningen för att ge plats åt barrträden. Av denna orsak har ej särskild omsorg ägnats åt att t. ex. genom regressionsanalys beskriva förekomsten av björkplantor. Genom upprepade sorteringar av cirkelytematerialet har dock författaren sökt skapa sig en så klar bild som möjligt av björkuppslaget, och i vad mån detta påverkas av olika miljöfaktorer.

*Det osårade humustäcket:* Genom Sarvas (1947) undersökningar har tidigare klarlagts, att björken har mycket svårt att regenerera på obehandlade friska skogstyper. Detta motsäges ej heller av den här företagna plantinventeringens resultat, som genomgående visar ett mycket glest björkuppslag i det osårade humustäcket. Antalet uppgår sällan till mer än 1 000 per hektar och ligger vanligtvis under 500. Undantag utgör de skärmar, som är belägna i höjdlägen (> 500 m. ö. h.), där förekomsten är rikligare. Huvuddelen av plantuppslaget tillhör kategorin nyföryngring. Skogstypen synes spela en underordnad roll för björkuppslaget, med undantag för de torraste typerna där antalet plantor är mycket lågt. Beträffande skärmtätheten kan möjligen en svag tendens spåras, så att björkuppslaget är minst i de tätare skärmarna. Under det undersökta tidsintervallet har inga påvisbara förändringar skett beträffande plantpopulationens storlek.

*Markberedningsfläckar:* I de upptagna markberedningsfläckarna har vanligtvis en hel del björk infunnit sig (jfr Yli-Vakkuri 1961). Orsaken härtill får i de flesta fall skyllas på kantinsåning, då förekomsten av fröbjörk i skärmarna var ytterst ringa. Tyvärr utfördes ingen registrering över antalet björkar i eller i närheten av hyggeskanten. Det är därför ej möjligt att korrelera detta med plantuppslaget. Man kan emellertid vänta, att björkförekomsten



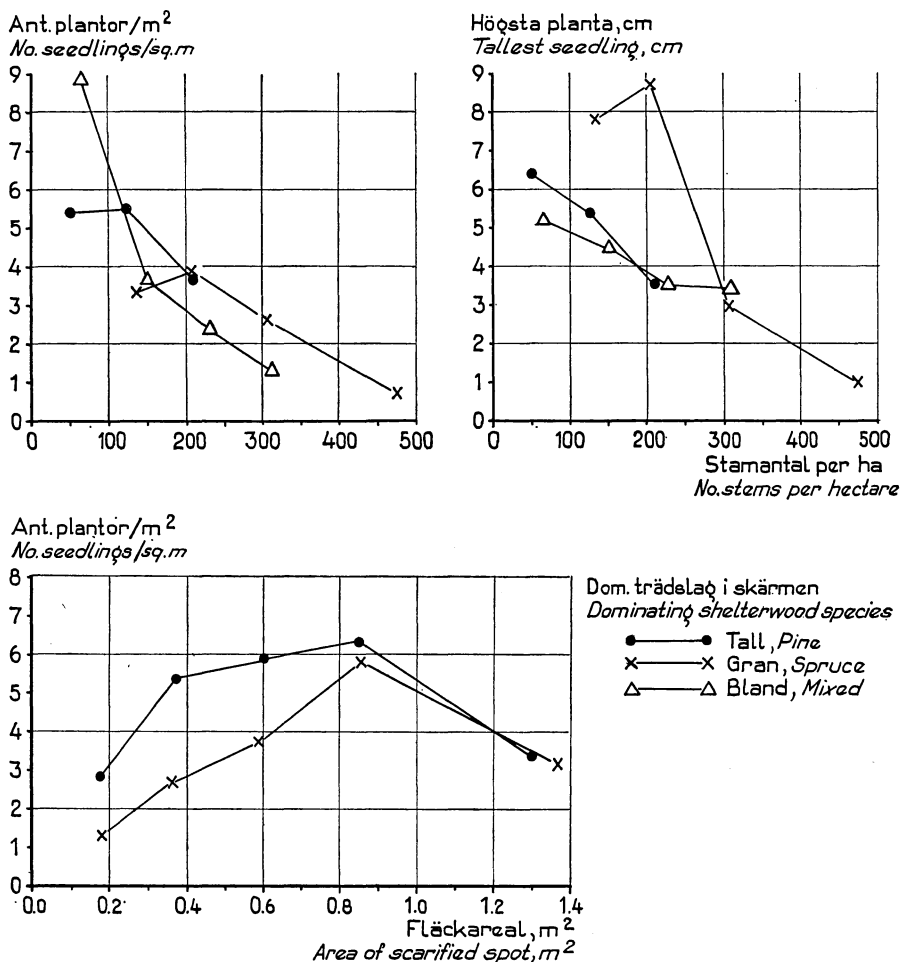


Fig. 34. Förekomsten av och höjden hos björkplantor i markberedningsfläckar och dess beroende av olika förhållanden.

Occurrence and height of birch seedlings in scarified spots in relation to various conditions.

runt skärmar, i vilka mycket björk avlägsnats vid skärnhuggningen, i genomsnitt bör vara större, än där mycket litet björk tidigare förekommit. Med detta antagande som utgångspunkt företogs en uppsortering av skärntrakterna på frisk ristyp. Det visade sig då, att plantantalet per m<sup>2</sup> markberedningsfläck uppgick till 6,4 i skärmar av den förra kategorin mot endast 3,9 per m<sup>2</sup> i den senare.

Förekomsten av björkplantor är mindre i täta skärmar än i glesa. Detta framgår av fig. 34. Även plantornas höjd är avsevärt mindre i de tätare skärmarna.

Det tätaste björkuppslaget erhåller man på de goda skogstyperna. Detta framgår av nedanstående uppställning, som avser höjdläget 350—499 m. ö. h., och visar plantantalet per m<sup>2</sup> markberedningsfläck:

Dom. trädslag i skärmen Dominant shelterwood species	Skogstyp Forest site type		
	FrLiR	FrBiR	FrDrR
Tall ..... Pine	3,0	3,9	7,4
Gran ..... Spruce	—	2,5	5,5

I tallskärmarna synes björkuppslaget vara tätare än i gran-d: o. En av orsakerna härtill kan vara, att vinden, som sprider björkfröna från omgivande bestånd, lättare får spelrum i en tallskärm, än där yvigare grankronor står hindrande i vägen.

Liksom för tall och gran har fläckstorleken betydelse för plantförekomsten per ytenhet. Det synes av fig. 34 att döma, som om den största plantintensiteten erhålles vid en fläckstorlek mellan 0,7 och 1,0 m<sup>2</sup>.

De utförda grupperingarna har ej givit något entydigt utslag för att plantuppslaget skulle påverkas av höjden över havet. Produktionen av björkfrö är ej heller på samma sätt som tall och gran särskilt påverkad av höjdläget. Då emellertid inslaget av björk ofta är mer markant i höjdlägesskogarna än på lägre nivåer, är risken dock stor, att man här erhåller en särskilt påtaglig insänkning från kanterna.

Tiden efter markberedningen synes inom det aktuella tidsintervallet ha haft litet inflytande på plantuppslagets numerär. Att så är fallet sammanhänger sannolikt med att de små och groningssvaga björkfröna framför allt har förmåga att bilda plantor då markberedningsfläckarna är nyupptagna. Efter 4 år hade medelhöjden hos de högsta plantorna på frisk mark nått omkring 10 centimeter.

Sammanfattningsvis kan sägas, att björkuppslaget i det osårade humus-täcket vanligtvis är ganska glest. Genom markberedningen infinner sig däremot ofta ett ganska tätt plantbestånd. Önskar man hålla detta på till numerären lägsta möjliga nivå bör man först och främst se till, att ingen björk lämnas i skärmen. Trädslaget bör emellertid också avlägsnas i ett bälte runt denna. Den lämpliga bredden hos ifrågavarande zon sammanhänger naturligtvis med topografi och vindförhållanden, varför några generella rekommendationer ej torde kunna ges.



Fig. 35. Ej ens vacker björk bör kvarställas i skärmar, som skall markberedas.  
Not even beautiful birch trees should be left in shelterwood stands when scarification is planned.

### 12. 8. *Plantuppslaget på lösryckta humustorvor*

De partier av humustäcket, som vid fläckarnas upptagning lösryckts av markberedningsaggregatet, kommer att täcka en del av markytan. Vid undersökningen registrerades som tidigare beskrivits dessa arealer separat. Antalet förekommande plantor och den längsta plantans höjd protokollfördes också.

Humustorvornas beskaffenhet är i första hand beroende på markberedningsaggregatets konstruktion, men också på förhållandena i markytan. Den i skärmarna använda »Imset»-kultivatoren tar upp markberedningsfläckarna på så sätt, att marktäcket skjutes ihop framför rivorganet. Torvorna blir

därför ganska tjocka och höga. »SM»-kultivatorn arbetar däremot så, att torvorna i ganska stor omfattning lyftas upp och vändas. De blir härigenom ganska likartade och vanligen täckta av mineraljord i något högre grad än »Imset»-kultivatorns torvor.

Utförda grupperingar visar, att torvarealen helt naturligt står i ett nära förhållande till fläckarealen. I genomsnitt har följande relationstal erhållits. Som synes åstadkommer »SM»-kultivatorn något större torvor än »Imset»:

		Fläckareal Area of spot	Torvareal Area of sod
»Imset»-kultivatorn..... The »Imset» scarifier	Torr mark Dry sites	100	62
— » — .....	Frisk mark Fresh sites	100	62
»SM»-kultivatorn..... The »SM» scarifier	Frisk mark Fresh sites	100	81

Som grobädd måste de lösryckta, mer eller mindre mineraljordsbetäckta humustorvorna väntas inta en mellanställning mellan markberedningsfläckarna och det osårade humustäcket. Eftersom förekomsten av torvor alltid är sammankopplad med förekomsten av markberedningsfläckar, ligger det nära till hands, att beskriva plantuppslaget på de förra i förhållande till markberedningsfläckar. Hur man än grupperar observationsmaterialet måste ju, bortsett från skillnader i areal och grobädd, alla andra yttre förhållanden bli mycket likartade. I höjdlägesgruppen 200—499 meter över havet erhöles följande relationstal när plantuppslaget i fläckar = 100:

	Tall Pine	Gran Spruce	Björk Birch
Frisk mark ..... Fresh sites	13,8	24,3	7,5
Torr mark..... Dry sites	13,1	—	—

Som synes är torvorna avsevärt sämre som grobädd än markberedningsfläckarna. Björken har synbarligen svårast att bilda plantor, gran lättast. Tall intar en mellanställning. Skärmtypen tycks av utförda grupperingar att döma inte ha någon inverkan på ovanstående relationstal, ej heller skogstypen. På höjder över 500 meter är granens relationstal = 18,1. Tallföryngning förekommer här i alltför liten omfattning för att möjliggöra en bedöm-

ning. Björkens relationstal stiger på höga höjder till 14,7. En möjlig orsak till björkens synbarligen bättre plantbildningsförmåga på torva i höjdlägen kan vara det där rådande fuktigare klimatet. Torvorna utgör i allmänhet ett torrt groningssubstrat, varför det är troligt att björken, som har mycket små frön med vanligtvis dålig groningsenergi, i första hand gynnas om fuktförhållandena blir bättre.

Det kan också vara av intresse att jämföra resultatet av de utförda höjdmätningarna dels i markberedningsfläckar, dels på torva. Av denna anledning sammanslogs hela materialet av mätningar på vardera av de ovannämnda växtsubstraten. Sättes högsta plantans medelhöjd = 100 för markberedningsfläckarna erhålles följande relationstal för torvorna:

Tall = 117 ( $F = 2,25$ , ej signifikant)

Gran = 109 ( $F = 9,33^{**}$ )

Björk = 196 ( $F = 128,48^{***}$ )

Det är tydligt att de plantor, som lyckats slå rot i humustorvorna, utvecklats sig bättre än i markberedningsfläckarna. Det sagda gäller åtminstone gran- och björkplantorna. Om hänsyn tas till det avsevärt färre antalet plantor på torvorna, och att därför den statistiska urvaleffekten gynnar planthöjden i fläckarna, torde man kunna våga anta, att den uppmätta höjddifferensen även beträffande tallen verkligen tyder på en bättre höjduitveckling på torvorna. Av tänkbara orsaker till den konstaterade effekten skall här endast framhållas den minskade konkurrens från omgivande vegetation, som den upphöjda växtplatsen måste medföra, samt att förmultningsprocesser i såväl torvan, som i det under denna befintliga humusskiktet, bör förorsaka ett relativt gynnsamt kväveutbud. Det kan tilläggas att nitratindekerande växter såsom *Rubus idaeus* och *Epilobium angustifolium* ofta kan iaktas på och i närheten av dessa torvor.

Det är dock tydligt att plantuppslaget på det lösryckta humustorvorna till numerären blott uppgår till en bråkdel av motsvarande i markberedningsfläckar. Dessutom motsvaras en viss areal blottlagd mineraljord endast av en mindre del torvor. Det planttillskott som erhålles från torvorna kan i en markberedning med »Imset»-kultivator uppskattas till ca 9 procent för tall och ca 15 procent för gran i förhållande till vad som finnes i fläckar. Som komplement till det övriga plantuppslaget är torvföryngringen naturligtvis mycket värdefull. Vid konstruktion av markberedningsaggregat har man dock knappast anledning att fästa större avseende vid de lösryckta humustorvornas utseende eller fördelning. Föryngringsresultatet kan endast obetydligt påverkas på denna väg.

### Kap. 13. Plantornas fördelning över arealen

#### 13. 1. *Allmänt*

Som bekant utmärker sig naturliga föryngringar vanligtvis därigenom att plantorna är ojämnt utspridda över arealen. Orsaken härtill kan bl. a. tillskrivas variationer i fröfallet och markens skiftande egenskaper som grobädd. Vid en cirkelytetaxering kommer man att påträffa olika antal plantor i olika taxeringspunkter. Är skillnaderna i plantantal förhållandevis små, karakteriserar vi plantuppslaget såsom jämnt, är skillnaderna stora, betecknas föryngringen som ojämn. Det är naturligt att en jämn föryngring kan godtas även med ett förhållandevis lågt plantantal per hektar, under det att ojämnheter i plantuppslaget endast kan kompenseras av en högre genomsnittlig täthet, så att man genom plantröjning kan åstadkomma ett jämnare bestånd utan att därvid behöva driva tätheten under den önskvärda nivån.

Vid jämnhetsbedömning av naturliga föryngringar har man vanligen främst tagit fasta på förekomsten av luckor. Detta har skett genom att vid rut- eller cirkelytetaxering notera frekvensen tomma observationsytor (Sarvas 1943, 1949, Braathe 1952). I vårt land har tidigare Eneroth (1934) använt samma uppskattningsmetod, som f. ö. även är vanlig i Kanada och USA. För att nollyteprocenten skall ha en direkt skoglig och praktiskt användbar innebörd bör taxeringsytorna vara av viss storlek (t. ex.  $2 \times 2 \text{ m} =$  röjningsförbandet). I avsikt att ytterligare förbättra bilden av luckigheten har Braathe kompletterat taxeringen genom att räkna upp det antal av större cirkelytor ( $25 \text{ m}^2$ ), som kan placeras i föryngringsluckorna, och sätta totalarealen av dessa i relation till totalarealen tomma taxeringsrutor. Strand (1954) har i stället för taxering med provytor föreslagit avståndsmätning till närmaste individ från utlagda taxeringspunkter.

I två för vårt skogsbruk mycket värdefulla arbeten (Eneroth 1945, Tirén 1949) har matematiskt-statistiska metoder utarbetats för analys och värdering av naturliga föryngringar med hänsyn till plantuppslagets fördelning över arealen. Dessa skall även komma till användning i detta arbete. Metoderna bygger på provydetaxering. Läsaren hänvisas till ovannämnda författare, när det gäller metodernas bakgrund och utformning. Här skall endast en kort sammanfattning göras. Det anslutes därvid till Tiréns betecknings sätt.

Av betydelse för beskaffenheten hos en naturlig föryngring är dels det funna, genomsnittliga plantantalet per cirkelyta,  $m$  (ett täthetsmått), dels variansen,  $s^2$ , av cirkelytornas plantantal kring detta medelvärde. Allra viktigast är i detta sammanhang antalet cirkelytor utan plantor (nollytor). Utfores en taxering i en plantering med plantorna i kvadratförband, där alla

plantor gått till, blir spridningen kring medeltalet,  $m$ , liten och endast beroende av cirkelytans läge i förhållande till det regelbundna förbandet. För-

hållandet  $\frac{s^2}{m} = Q^2$  blir då  $< 1$  om cirkelytorna är av den här använda storleksordningen. Är däremot plantuppslaget ojämnt, d. v. s. sannolikheten att påträffa ett visst antal plantor varierar över arealen (dock fortfarande så att genomsnittet  $= m$ ) kommer  $Q^2$  att öka.

I den matematiska statistiken har ett flertal s. k. sannolikhetsfördelningar framlagts, med vilkas hjälp man vid ett visst genomsnittligt utfall ( $m$ ) i en provtagning (t. ex. antal plantor) kan beräkna frekvensen utfall med värdet 0, 1, 2, o. s. v. Fördelningarnas användbarhet växlar beroende på den undersökta populationens karaktär. Av stort intresse i det här aktuella fallet är den s. k. POISSON-fördelningen:

$$p_x = \frac{e^{-m} \cdot m^x}{x!} \dots\dots\dots (20)$$

där  $p_x$  betecknar sannolikheten att vid stickprovstagning få ett utfall av  $x$  stycken. I Poisson-fördelningen är den teoretiska variansen kring  $m$ :

$$\sigma^2 = m$$

d. v. s.  $Q^2$  ovan  $= 1$ .

Funktionen återger den frekvensfördelning som erhålles vid stickprovstagning ur en population med fullständig slumpmässig spridning (eller mer egentligt: den spridning som erhålles vid en Poisson-process i planet) något som är tänkbart beträffande ett plantuppslag (över arealen). Högre torde våra förväntningar på jämnheten i själva verket knappast kunna ställas, när det gäller naturföryngringar. Genom att beräkna  $Q^2$  är det tydligen möjligt att skaffa ett mått på plantuppslagets fördelning över arealen i förhållande till idealfallet. Vid ett visst  $m$  måste den föryngring betecknas som den bästa, som har det lägsta värdet på  $Q^2$ . Skulle  $Q^2$  vara mindre än 1 är tydligen plantorna mer regelbundet ordnade över arealen, än vad som den slumpmässiga spridningen medger.

Eneroth har i ovannämnda arbete använt  $Q$  (som han benämner  $\sqrt{t}$ ) för att numeriskt värdera plantuppslagets ojämnheter. Av vissa orsaker har emellertid Tirén arbetat med en vidareutveckling av  $Q^2$  och infört den tidigare i andra sammanhang använda »störningskoefficienten»,  $q$ , där

$$q^2 = \frac{Q^2 - 1}{m} \dots\dots\dots (21)$$

När  $Q^2$  ovan  $= 1$  är  $q^2 = 0$ . I det följande skall som mått på ojämnheten hos plantuppslaget i skärmarna storheten  $q^2$  användas. I likhet med Tiréns terminologi benämnes den »störningskvadraten».

Poisson-fördelningen kan som ovan antytts användas att skildra den frekvens cirkelytor med 0, 1, 2 o. s. v. plantor, som erhålles för visst  $m$  under förutsättning, att plantorna är slumpmässigt fördelade över arealen. Så är dock vanligtvis ej fallet, utan sannolikheten att erhålla plantor varierar mellan de olika cirkelytorna. Eneroth har utgått från att denna sannolikhetsvariation kan beskrivas med en s. k. »gammafördelning». Arbetas Poisson- och gammafördelningen samman, erhålles ett ganska komplicerat uttryck för sannolikheten att vid taxering erhålla  $x$  plantor i en provyta (se Tirén 1949). Beräkningen av frekvensen ytor med 0, 1, 2, 3 o. s. v. plantor sker dock relativt enkelt genom successiv början med nollytorna enligt nedan:

$$\left. \begin{aligned} p_0 &= \left(\frac{1}{Q^2}\right)^{\frac{m}{Q^2-1}} \\ p_1 &= p_0 \cdot \left(\frac{m}{Q^2}\right) \\ p_2 &= p_1 \cdot \left[\frac{m + (Q^2-1)}{2Q^2}\right] \\ p_x &= p_{x-1} \cdot \left[\frac{m + (x-1)(Q^2-1)}{xQ^2}\right] \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (22)$$

I de av Eneroth och Tirén studerade naturföryngringarna har ovannämnda sannolikhetsfördelning, alltså vid känt  $m$ ,  $s^2$  och  $q^2$  (eller  $Q^2$ ) visat en god överensstämmelse med den empiriska frekvensfördelningen. Även vid skildring av frekvensen såddfläckar med olika antal plantor har anpassningen varit god (Eneroth 1945, Tirén 1951 b). Varje såddfläck kan då betraktas som en provyta. I övrigt blir resonemangen desamma som ovan skisserats. Tirén har emellertid visat, att ett samband vanligen föreligger mellan planttätheten och störningskvadraten, så att den senare minskar vid ökande  $m$ . Dessa samband har olikartad form i naturföryngringar och i sådder, och i de senare dessutom beroende på markbehandlingen. Vår närmaste uppgift blir att undersöka, i vad mån störningskvadraten även i skärmarna kan tjäna som uttryck för plantuppslagets gruppställdhet, dels i det osårade humustäcket, dels för att skildra förekomsten av fläckar med olika antal plantor. Dessutom måste utrönas, om den allmänna plantförekomstnivån påverkar störningskvadraten.

### 13. 2. Plantfördelningen i det osårade humustäcket

Inom varje skärmtrakt taxerades som tidigare nämnts 50 stycken cirkelytor. Vid studiet av plantornas fördelning måste det anses lämpligt att arbeta skärmvis och dessutom med cirkelytegrupper tillhörande samma eller



varandra närstående skogstyper. Genom dessa önskemål blir grupperna ganska små. I sådana fall där plantförekomsten i humustäcket är mycket ringa, men samtidigt kanske starkt gruppställd, är det klart, att man får svårt att fastställa säkra värden på störningskvadraten med endast ett fåtal cirkelytor som grund. Är å andra sidan återväxterna tätare förbättras våra möjligheter i detta hänseende. Den säkerhet varmed störningskvadraten är fastställd bör med andra ord stå i en viss proportion till värdet på  $m$ . Vid studium av  $Q^2$  skall vårt intresse dock i första hand knytas till värden på  $m$ , som tyder på en mer påtaglig plantförekomst.

I de markberedda skärmarna förekommer vanligen förutom osårat humustäcke också fläck- och torvarealer inom cirkelytorna. Detta innebär, att vid den här aktuella behandlingen av plantförekomsten, de undersökta provytornas storlek kommer att variera till arealen, d. v. s.  $m$  kommer att variera ej endast av tidigare anförda skäl utan också beroende på den taxerade ytans areal. Detta tillkommande störningsmoment bör till sin isolerade verkan stå Poisson-processen nära. Genomsnittligt utgör dock den sammanlagda ytan av fläckar och torvor endast ca 10 procent av den taxerade arealen. Det skall senare visas i det avsnitt som berör den maskinella markberedningen, att man kan beräkna användbara störningskvadrater för grupper av markberedningsfläckar med visserligen likartad, men ändå ganska betydande arealvariation, avsevärt större än den som erhålles mellan de här aktuella provytorna. Det finnes ytterligare en möjlighet att bedöma betydelsen av det tillkomna störningsmomentet. Tirén (1949) har nämligen framräknat värden på  $Q$  för naturföryngringar av huvudsakligen gran på hyggen i mellersta Norrland. Markberedning har ej förekommit på dessa hyggen, och någon arealvariation cirkelytorna emellan föreligger därför ej i hans material.

\*

Inom varje skärmtrakt sorterades cirkelytorna i vissa, varandra närstående skogstypsgrupper. Plantuppslaget av gran studerades i skärmar med övervägande gran ( $K \leq 5$ ) och uppslaget av tall i tallskärmar ( $K \geq 6$ ). Grupp med mindre än 10 cirkelytor uteslöts. Inom varje grupp beräknades  $m$ ,  $s^2$ ,  $Q^2$  och  $Q^2$  på sätt som tidigare beskrivits. De allra plantfattigaste grupperna med mindre än fyra påträffade plantor uteslöts från vidare bearbetning. Störningskvadraterna sorterades sedan efter stigande plantförekomst och medeltal beräknades för olika  $m$ -grupper. De erhållna medeltalen har inlagts i fig. 36. I denna återfinnes även det av Tirén erhållna sambandet mellan  $m$  och  $Q^2$ . Som synes är överensstämmelsen mycket god mellan detta och de här erhållna störningskvadraterna för gran. Det bör dock påpekas, att Tiréns cirkelytor var mindre än de här använda. Förutom att skalan på abskissan i diagrammet kommer att bero på ytstorleken och därför ej är lika i dessa

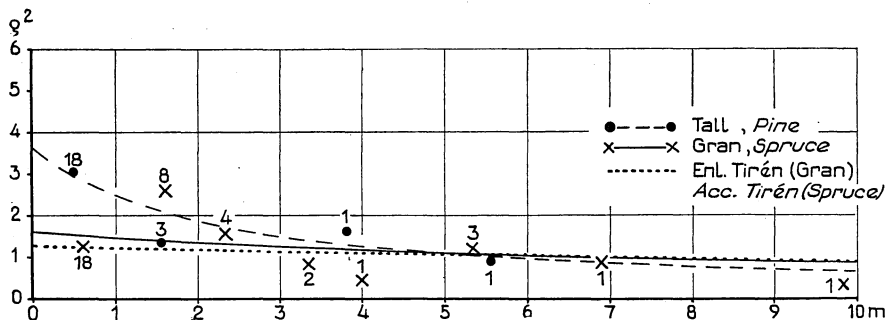


Fig. 36 Sambandet mellan plantantalet i det osårade humustäcket per cirkelyta ( $m$ ) och störningskvadraten.

Relationship between no. seedlings per circular plot ( $m$ ) in the virgin cover of humus and the square of perturbation.

båda undersökningar, föreligger inga principiella olikheter vid tolkningen av  $q^2$ . Man måste därför anse att de båda helt oberoende materialgrupperna stämmer väl överens. Samtidigt bör vi kunna dra slutsatsen, att den störande effekten av markberedningen i vårt fall ej haft någon allvarlig inverkan på storleken hos störningskvadraterna.

Vad däremot tallen angår synes  $q^2$  inom det lägre intervallet av  $m$  ligga på en förhållandevis hög nivå. Vid ökande  $m$  tenderar däremot även tallens  $q^2$  mot samma nivå som granens. Skillnaden mellan tall och gran i det lägsta  $m$ -intervallet är svagt signifikant ( $F = 5,10^*$ ). Då sålunda olikheterna beträffande  $q^2$  trädslagen emellan är rätt framträdande har sambandsförloppen för tall respektive gran utjämnats numeriskt var för sig. Följande funktioner erhöles:

$$\begin{array}{ll} \text{Tall:} & q^2 = 7,292 \cdot \frac{1}{2 + m} \dots\dots\dots (23) \\ \text{Pine:} & \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \text{Gran:} & q^2 = 16,056 \cdot \frac{1}{10 + m} \dots\dots\dots (24) \\ \text{Spruce:} & \end{array}$$

De påvisade skillnaderna mellan trädslagen är ej ägnade att överraska. I sådana skärmar, där plantuppslaget av tall är litet, är det naturligt på grund av tallens ljusbehov m. m., att endast påträffa plantor där särskilt gynnsamma växtförhållanden råder, såsom i smärre luckor, på *Sphangnum*-tuvor o. s. v. Granen har lättare att fördrå beskuggning och konkurrens och uppträder därför bättre spridd även om glesheten är stor. Det bör påpekas, att det här är fråga om relativt unga plantor av karaktären nyföryngring. Inne i mera slutna bestånd är granplantornas förmåga att leva under längre tid mycket liten utom på stubbar, lågor o. dyl. (Holmgren och Törngren 1932, Arnborg 1942, 1943). Vid taxering av sådan återväxt har man anledning förvänta en avsevärt starkare gruppställdhet.

Det har också undersökts om fastställbara skillnader i  $q^2$  förekommer mellan olika skogstypsgrupper, skärmtätheter och höjdlägen, men inga sådana har kunnat upptäckas. Det kan nämnas att Tirén tidigare kommit till samma resultat. Eneroth (1945) fann emellertid tecken på en viss om än svårtolkad betydelse av skogstypen i ett material av liknande karaktär som detta.

\*

Störningens skogliga innebörd har tidigare ingående behandlats av Tirén (1949 s. 78—95). Genom att undersöka det minsta antal plantor, som måste avlägsnas ur föryngringar med varierande grad av gruppställdhet för att den kvarvarande föryngringen skulle stå så nära slumpmässigt (Poisson-) fördelad över arealen som möjligt, kunde han införa ett begrepp — arealfaktorn,  $R_a$  — vilken multiplicerad med det totala plantantalet per hektar ger det högsta möjliga för »övernormal gruppställdhet reducerade antalet». Arealfaktorn är helt naturligt beroende av störningen så att en särskilt kraftig reduktion av plantuppslaget måste företas om gruppställdheten är hög. Tirén erhöi följande regression av  $R_a$  på  $q$ :

$$R_a = 1,0000 - 0,2276q + 0,0204q^2 \dots\dots\dots (25)$$

Detta uttryck bör med ledning av Tiréns utredningar vara användbart även i vårt fall. En med hjälp härav utförd korrigering av plantantalet för övernormal gruppställdhet, ger oss med andra ord en bas för jämförelser mellan olika starkt gruppställda skärmföryngringar. I vårt fall intresserar i första hand en jämförelse mellan tall- och granplantornas gruppställdhet. Erhålles t. ex. sålunda vid tillämpning av framlagda funktioner 400 nyföryngrade tallplantor per hektar ( $m = 0,5$ ) blir enligt funktionen ovan  $R_a = 0,62$ . Detta innebär att cirka 250 någorlunda Poisson-fördelade plantor finnas utspridda per hektar. Med totalt 400 granplantor per hektar erhålles  $R_a = 0,72$ , vilket ger 290 slumpfördelade plantor. Trots den påtagliga skillnaden ifråga om störning vid detta låga plantantal trädslagen emellan, blir som synes den absoluta skillnaden obetydlig. Ett taxerat plantuppslag av ca 800 individer per hektar ( $m = 1,0$ ) ger  $R_a = 0,65$  för tall och 0,73 för gran, vilket innebär 520 resp. 580 någorlunda Poisson-fördelade plantor. Vid mera täta plantuppslag, t. ex. ca 3 200 plantor per hektar ( $m = 4,0$ ) blir  $R_a = 0,75$  för tall och 0,76 för gran. Det för övernormal gruppställdhet reducerade plantantalet är tydligen då mycket lika eller ca 2 400 stycken per hektar.

Det ovan sagda får ej uppfattas så, att de efter reduktion för övernormal gruppställdhet kvarvarande plantorna samtliga skulle tillhöra kategorin »huvudplantor». Sådana karakteriseras även av andra egenskaper än arealfördelningen. Det är dock lätt att inse, att våra möjligheter att bedöma hur

många huvudplantor, som föryngringen kan leverera, enklare sker med utgångspunkt från det någorlunda Poisson-fördelade antalet. Är detta lågt bör en förhållandevis stor del kunna godtas för ändamålet, är antalet stort kan selektionen drivas längre. I föryngringar med mindre än 1 000 Poisson-fördelade plantor per hektar bör man dock, att döma av jämförelser som gjorts med andra tillgängliga materialgrupper, kunna betrakta nära nog samtliga dessa individer som presumtiva huvudplantor vad arealfördelningen angår.

### 13. 3. *Frekvensen markberedningsfläckar med olika antal plantor*

Vid maskinell markberedning erhålles markberedningsfläckar av högst varierande storlek. Denna variation bestämmes dels av aggregatets verkningssätt, dels av förhållandena i markytan. Markberedningarnas beskaffenhet med hänsyn till fläckstorleken skall behandlas utförligt i ett kommande avsnitt. Tar man vid planttaxeringen ingen hänsyn till fläckstorleken, och sedan studerar plantantalets variation olika fläckar emellan, måste denna till stor del bero på skillnader i fläckstorlek. Emellertid skiftar också besåningsintensiteten liksom föryngringsmottagligheten av olika orsaker över arealen. Alla dessa förhållanden bidrar till att skapa den funna plantfördelningen. Vi skall i detta avsnitt undersöka våra möjligheter att uppmäta och beskriva denna variation. Vårt första steg blir då att söka värden på  $\varrho^2$  inom grupper av fläckar med likartad storlek. Med kännedom om den relativa förekomsten av dessa fläckstorleksgrupper på en maskinellt markberedd yta kan sedan ytterligare steg tas.

Vid beräkningen av störningskvadraterna sorterades materialet efter samma principer som tidigare beskrivits vid beräkning av  $\varrho^2$  för det osårade humustäcket. Dessutom hölls Tmb- resp. Mmb-fläckarna åtskilda samtidigt som fläckarna sorterades efter storleken i följande grupper:

Fläckareal:	....	I	<0,25 m <sup>2</sup>
Spot size:		II	0,25—0,49 m <sup>2</sup>
		III	0,50—0,74 m <sup>2</sup>
		IV	0,75—0,99 m <sup>2</sup>
		V	≥ 1,00 m <sup>2</sup>

Inom var och en av de så erhållna grupperna beräknades  $m$ ,  $s^2$ ,  $Q^2$  och  $\varrho^2$ .

Det har tidigare visats av Tirén (1951 b), att  $\varrho^2$  på sådda försöksfält kan beskrivas som en funktion av  $m$ . Inom ett och samma försök var då de upptagna markberedningsfläckarna av rätt likartad storlek samtidigt som frögiven var konstant. Man måste i första hand vänta sig att kunna beskriva  $\varrho^2$  på samma sätt för markberedda skärmar, i vilka fläckar av en och samma

storlek upptagits, men där planttätheten varierar på grund av olikheter i fråga om besåningsintensitet eller föryngringsmottaglighet. För att ytterligare konkretisera frågeställningen tillgriper vi ett exempel:

Vi antas stå inför en nyligen markberedd, helt jämn skärm. I denna har dock redan en viss besåning skett, varför vi här och där kan finna några plantor. Vi planträknar nu ett stort antal fläckar, och hänför dem samtidigt genom markering till skilda storleksgrupper. Ur protokollen uträknas sedan  $m$  och  $q^2$  för varje grupp. Om man antar att besåningsintensiteten varit exakt lika i hela skärmen, skiljer sig de olika fläckstorleksgruppernas  $m$ -värden då åt på sätt, som kan beskrivas genom tidigare framlagda funktioner (s. 66—74). Vi återkommer nu med liknande planträkningar till samma fläckar under ett antal år. Under tiden har alltmer frö fallit och de olika fläckstorleksgruppernas  $m$  har därigenom ökat. Frågan är då, vilka förändringar det till varje  $m$  hörande  $q^2$ -värdet undergått. Det är att vänta, att när  $m$  växer, den från början säkerligen stora nollfläcksprocenten med tiden minskar, och att fördelningen fläckar med avvikande plantantal blir alltmer jämnt grupperad kring  $m$ . Störningskvadraten bör alltså minska. Vår uppgift blir då att undersöka hur dessa sambandsförlopp dels ter sig inom en och samma fläckstorleksgrupp, dels vid jämförelse mellan dylika grupper.

\*

Inom varje för studiet av  $q^2$  skapad grupp beräknades planttätheten per ytenhet fläck. Härefter grupperades materialet i olika planttäthetsgrupper. Inom var och en av dessa sorterades materialet efter stigande plantantal per fläck, vilket är liktydigt med ökande fläckstorlek. För lämpligt valda grupper av  $m$ -värden beräknades därefter genomsnittsvärden på  $q^2$ . Resultatet av dessa medelvärdesberäkningar för Tmb åskådliggjort över  $m$  visas i fig.

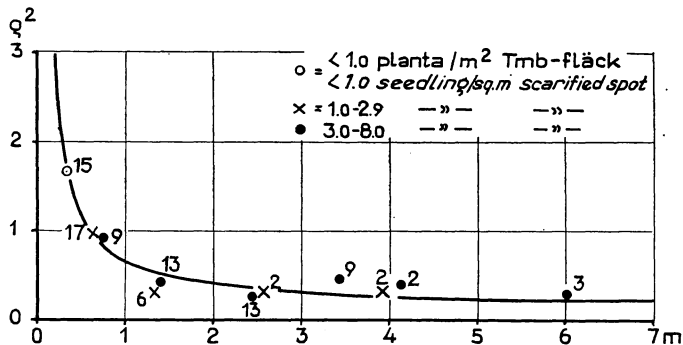


Fig. 37. Sambandet mellan plantantalet per markberedningsfläck och störningskvadraten.  
Relationship between no. seedlings per scarified spot and the square of perturbation.

37. Som synes föreligger ett starkt, krökt samband mellan  $m$  och  $q^2$ . Detta kan återges med nedanstående funktion:

$$q^2 = 0,1438 + \frac{0,507}{m} \dots\dots\dots (26)$$

Störningskvadraten är vid maskinell markberedning hög vid låga värden på  $m$ . Vid ökande planttillgång sjunker  $q^2$  å andra sidan kraftigt till en låg och ganska jämn nivå. Sambandsformen överensstämmer mycket väl med den som tidigare Tirén (1951 b) funnit för sådder. Eftersom inga påvisbara skillnader framkommit mellan tall- och grangrupperna redovisas dessa sammanslagna. Vid residualstudier kunde heller inga skillnader påvisas mellan grupper tillhörande olika höjdlägen, skärmtätheter, skogstyper eller fläckstorlekar. Däremot visade det sig, att ganska stora olikheter förelåg mellan maskinellt och manuellt upptagna markberedningsfläckar. I genomsnitt uppgick det observerade  $q^2$  för Mmb till endast 58 procent av motsvarande för Tmb enligt ovanstående funktion. Vid handhackning har man möjlighet att välja plats för varje enskild fläck. Detta är ej fallet vid Tmb. Det är därför naturligt om plantuppslaget blir jämnare fördelat då ett mer omsorgsfullt tillvägagångssätt tillämpas. Å andra sidan är handhackade fläckar genomsnittligt små, vilket medför att förhållandevis få plantor kommer att slå till. Plantornas något bättre fördelning mellan fläckarna torde därför knappast ha möjlighet att hjälpa upp resultatet i någon avsevärd grad.

Det är tydligt att funktionen ovan är användbar för alla de här fläckstorleksgrupperna. Inom en och samma planttäthetsgrupp ordnar sig ju fläckarna också efter storleken om de grupperas efter  $m$ . Vi bör alltså kunna dra följande viktiga slutsats: I en nyligen markberedd skärm med lågt plantantal per ytenhet kommer de olika fläckstorleksgruppernas störningskvadrater att alltefter plantantalet (= fläckstorleken) ligga långt till vänster på regressionslinjen. Vid ökande besåning ökar plantantalet i samtliga fläckar, mest i de stora och minst i de små, varvid de olika storleksgruppernas störningskvadrater bildligt talat »åker kana» på regressionslinjen åt höger.

#### Kap. 14. Markberedningens tekniska beskaffenhet och dess betydelse för föröyrngningsresultatet

##### 14. 1. Jämförelse mellan okuläruppskattat och uppmätt föröyrngningsresultat

Innan vi går över till att mer i detalj behandla frågan hur en markberedning skall värdesättas ur föröyrngringssynpunkt, kan det vara av intresse att visa en jämförelse mellan en separat okulärbedömning av plantförekomsten,

som utförts inom vissa av de taxerade skärmarna, och det sedermera framräknade föryngringsresultatet. Som uttryck för det senare väljer vi i detta fall nollfläcksprocenten.

Okulärbedömningen utfördes som tidigare nämnts för att snabbt erhålla en uppfattning om föryngringsresultatet så att bolagets fortsatta verksamhet på detta område kunde ges en ändamålsenlig inriktning. Vid bedömningen användes en 9-gradig skala, där 1 betyder att ingen planta observerats, 7 att plantuppslaget bedömts som tillräckligt ur föryngringssynpunkt och 9 att det framstått som mer än tillräckligt individrikt. Gradera 2, 3, 4 o. s. v. utgör mellanstadier, som det här ej finns anledning att närmare definiera. Resultatet av jämförelsen åskådliggöres i fig. 38. Som synes föreligger ett klart samband mellan bedömningen och nollfläcksprocenten. Plantuppslaget av tall har godkänts och t. o. m. fått överbetyg trots att nollfläckar förekommer till 20 à 30 procent. Beträffande gran är nollfläcksnivån i dessa fall lägre. Detta beror främst på att plantuppslaget på grund av det goda granfröåret 1954 blev synnerligen rikligt i en del skärmar, och det är dessa som kunnat godkännas. I

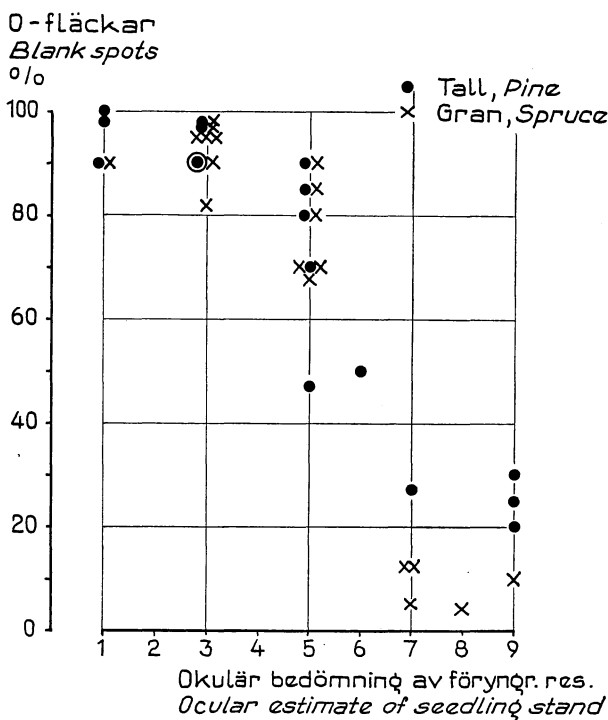


Fig. 38. Sambandet mellan okulärbedömt föryngringsresultat efter maskinell markbehandling och den vid taxeringen funna nollfläcksprocenten.

Relationship between the ocularly judged regeneration result after mechanized scarification and the frequency of blank spots found at survey.

många fall skulle de sannolikt godtagits även om nollfläcksprocenten varit högre.

Resultatet av jämförelse kan vi antingen tolka så, att okulärbedömningen varit alltför liberal när det gäller förekomsten av tomma fläckar, eller också att en ganska hög nollfläcksprocent inte verkar så allvarlig i naturföryngringar, uppkomna efter maskinell markberedning. Vid sådd eller plantering måste en förekomst av 30 procent mistor betecknas som ytterst betänklig.

Vid den maskinella markberedningen erhålles emellertid fläckar av högst varierande storlek. De tomma fläckarna är därför sannolikt till stor del att finna bland de minsta. I de stora fläckarna finns ofta många plantor, och i en hel del av dessa kan man säkert vid en plantröjning ställa kvar mer än en individ, och på så vis kompensera förekomsten av relativt många tomma, små fläckar. Med dessa aspekter på problemet som utgångspunkt skall närmast en analys företas av markberedningsresultatet i de inventerade skärmarna, och den betydelse som detta kan ha på föryngringens egenskaper.

#### *14. 2. Maximala avståndet mellan plantor i en och samma markberedningsfläck*

En omständighet som sålunda bör beaktas, när man vill bedöma värdet av en självföryngring uppkommen efter maskinell markberedning, är förekomsten av fall, där man i en och samma fläck vid en framtida plantröjning kan kvarlämna två individer. Vi bortser här ifrån möjligheten, att man någon gång kan lämna flera plantor i särskilt långsträckta fläckar. Sådana fläckar torde vara rätt sällsynta i markberedningar, utförda av nu brukade maskiner och saknar därför ännu praktisk betydelse. Förekomsten av fläckar, där två plantor kan kvarställas vid plantröjningen — vi benämner dem i fortsättningen »dubbelfläckar» — är beroende av:

- a. Det minsta avstånd som kan tolereras mellan två stammar.
- b. Den allmänna planttätheten i fläckarna.
- c. Förekomsten av tillräckligt stora fläckar.

Vid skogsodling efter Tmb kan möjligheterna att låta två stammar gå upp i en och samma, tillräckligt stor fläck utnyttjas genom att frö eller plantor utplaceras på lämpligt sätt. Vid tidigare värderingar av maskinella markberedningar har man därför vanligtvis utgått från förekomsten av fläckar med viss längd (Callin 1949, Samset 1951, Holt, Swan och Weetman 1956). Vid naturlig föryngring måste däremot plantornas läge i fläckarna bli beroende av slumpeffekter. Det har tidigare visats, att frekvensfördelningen mellan jämnstora markberedningsfläckar med olika antal plantor uppträder på ett sätt som



medger att matematiska uttrycksmedel kan användas för att beskriva denna variation. Det ligger därför nära till hands, att på liknande sätt söka beskriva plantornas fördelning inom olika delar av fläckytan. Det har också tidigare visats, att fläckstorlek och fläckform påverkar planttätheten per ytenhet. Detta bör ses som ett tecken på, att föryngringsmottagligheten inom en och samma fläck varierar över ytan. Vi kan med andra ord ej a priori bortse från betydelsen av ett störningsmoment, som systematiskt inverkar på plantornas lokalisering.

För att om möjligt kunna belysa denna fråga utfördes hösten 1961 en särskild undersökning i samband med planttaxering av institutets fasta skärmförsök i Gävleborgs och Västernorrlands län. Härvid antecknades fläckarnas längd och bredd, plantantalet av tall respektive gran, samt i förekommande fall avståndet mellan de två längst från varandra stående tall- resp. granplantorna (se tab. C, sid. 259). I samarbete med *docent Bertil Matérn* har sedan en ingående granskning av mätresultaten utförts. Från *docent Matérn* har författaren med tacksamhet mottagit följande redogörelse för den matematisk-statistiska analysen. Den återges här in extenso.

\*

*Maximala avståndet mellan plantor i en markberedningsfläck.*

av *docent BERTIL MATÉRN*

a) *Probabilistisk modell*

Antag att  $n$  ( $\geq 2$ ) punkter placeras på måfå (tvådimensionell rektangulär fördelning) i en rektangel med långsidan  $a$  och kortsidan  $b$  längdenheter. Låt  $P_n(x)$  beteckna sannolikheten att det maximala avståndet mellan två av de  $n$  punkterna överstiger  $x$ . Ett explicit uttryck för denna sannolikhet finns i fallet  $n = 2$ . Det har härletts första gången av B. Ghosh 1943 (se Matérn 1960, s. 24). För högre värden på  $n$  måste man nöja sig med approximationer; redan för  $n = 2$  är uttrycket komplicerat.

En mycket enkel och följaktligen rätt grov approximation får man genom att i stället betrakta  $n$  punkter utspridda på måfå på ett linjestycke. Detta linjestyckes längd bör rimligen väljas någonstans mellan längden av rektangelns långsida ( $a$ ) och dess diagonal. I det följande redovisas beräkningar vilka baserats på att linjestyckets längd ( $A$ ) bestämts enligt formeln

$$(1) \quad A = a + \frac{b}{12a - 5b}$$

Formeln har tillämpats för alla värden på  $n$  (2, 3, 4, ...). Med hjälp av (1) erhålles ett närmevärde för  $P_n(x)$ . Beteckna detta närmevärde med  $Q_n(x)$ .

Man finner

$$(2) \quad Q_n(x) = \begin{cases} 0 & \text{om } A \leq x \\ 1 - n(x/a)^{n-1} + (n-1)(x/A)^n & \text{om } 0 < x < A \end{cases}$$

Antag nu att antalet punkter i rektangeln väljes enligt en negativ binomialfördelning med medelvärde  $m$  och variansen  $\sigma^2$ . Sannolikheten för att antalet punkter i rektangeln skall bli minst två och för att samtidigt maximiafståndet skall överstiga det positiva värdet  $x$ , är

$$(3) \quad p_2 P_2(x) + p_3 P_3(x) + p_4 P_4(x) + \dots$$

där  $p_2, p_3, \dots$ , är sannolikheterna enligt den negativa binomialfördelningen att få resp. 2, 3, ... punkter i rektangel. Som approximation av (3) användes

$$(4) \quad p_2 Q_2(x) + p_3 Q_3(x) + p_4 Q_4(x) + \dots = Q(x)$$

Summeras (4) erhålles

$$(5) \quad Q(x) = \begin{cases} 0 & \text{om } A \leq x \\ 1 - \frac{1 + u(1+v)}{(1+u)^{1+v}} & \text{om } 0 < x < A \end{cases}$$

där

$$v = m^2/(\sigma^2 - m) \quad u = (m/v) (1 - x/A)$$

Det kan tilläggas att (5) gäller även för en vanlig (positiv) binomialfördelning. I övergångsfall, Poisson-fördelning ( $\sigma^2 = m$ ), skall den sista raden i (5) utbytas mot

$$1 - [1 + m(1 - x/A)] \cdot \exp[-m(1 - x/A)]$$

Ett skäl för att använda den av (1) och (2) givna approximationen är just att man i fallet med binomialfördelning (positiv eller negativ) får det bekväma uttrycket (5) för summan av serien (4).

Formel (1) har valts så att man med någorlunda god approximation skulle få

$$P_2(a) \approx Q_2(a)$$

Detta bör medföra att man i övriga fall får en viss säkerhetsmarginal i den meningen att (4) i allmänhet blir något mindre än (3). Det har bekräftats genom en serie samplingexperiment med  $n=3$  och med  $n=5$ . Det må räcka att anföra ett exempel. Fem punkter placerades på måfå i en rektangel med sidorna  $a=1,5$  och  $b=1$ , varpå avståndet mellan de två längst bort från varandra belägna punkterna bestämdes. Försöket upprepades 600 gånger. (Liksom de i det följande beskrivna räkningarna utfördes arbetet med hjälp av hålkort och skogsforskningsinstitutets reläkalkylator). Medeltalet av de 600 maximiafstånden var 1,124. Standardavvikelsen bland de 600 värdena uppgick till 0,281. Enligt approximationsförfarandet uträknas först  $A$  enligt (1), varvid

erhålles  $A = 1,5769$ . Sedan bestämmes väntat värde och standardavvikelse för maximiaavståndet bland fem punkter valda på måfå på en sträcka av längden 1,5769. Det väntade värdet är 1,051, medan standardavvikelsen är 0,281. Den experimentellt erhållna fördelningen av maximiaavstånd i rektangeln ligger således förskjutet något till höger i förhållande till den approximativa fördelningen.

b) *Jämförelse med ett empiriskt material*

Materialet består av uppgifter från sex skärmställningar (nr F 24, 25, 27, 28, 30 och 31) och innehåller inalles 250 fall där två eller flera plantor av samma trädslag finns i en markberedningsfläck (se tab. C). För varje sådant fall finns uppgifter om fläckens längd och bredd, antalet plantor av trädslaget i fråga, samt avståndet mellan de två plantor vilka står längst bort från varandra.

Vid en första inspektion av materialet bestämdes medelvärdet av de 250 maximiaavstånden. Det befanns uppgå till 63,35 cm.

Sedan uträknades med hjälp av en särskild närmeformel ett »väntat värde» på maximiaavståndet, varvid antogs att varje fläck var rektangulär och att plantorna var utplacerade på måfå över rektangelns yta. Medeltalet av de 250 approximativt bestämda väntade värdena var 65,75 cm, således 3—4 procent högre än det observerade medeltalet. Sorteringar av materialet efter trädslag, efter plantantal i fläcken, o. s. v., visade att överensstämmelse mellan observerade och beräknade avstånd var ungefär lika god i de olika delarna av materialet. Eftersom de empiriska avstånden i medeltal låg något under de beräknade, ansågs det befogat att i fortsättningen lägga in en viss säkerhetsmarginal så att sannolikheterna för stora maximiaavstånd inte skulle överskattas. [Detta är bakgrunden till den nyss nämnda säkerhetsmarginal som lagts in i approximationen  $Q(x)$ ].

För var och en av de 250 fläckarna i materialet beräknades därefter med hjälp av (1) och (2) sannolikheterna att maximiaavståndet är större än 70 cm, 120 cm och 170 cm. Dessa sannolikheter summerades så att man fick ett »beräknat antal» fläckar för vilka maximiaavståndet är större än 70 cm, 120 cm etc. Dessa antal kan sedan jämföras med de faktiska antalen. Jämförelserna utfaller på följande sätt:

Hela antalet fläckar		250	
Max. avstånd > 70 cm	{	Beräknat antal	83,8
		Faktiskt antal	88,0
Max. avstånd > 120 cm	{	Beräknat antal	20,3
		Faktiskt antal	22,5
Max. avstånd > 170 cm	{	Beräknat antal	5,7
		Faktiskt antal	7,5

Vid beräkningen av det faktiska antalet fläckar med maximiavstånd  $> 120$  cm (t. ex.) har inkluderats hälften av de fläckar för vilka maximiavståndet noterats till exakt 120 cm och samtliga fläckar med maximiavstånd överstigande 120 cm. När materialet delades upp på de enskilda skärmarna, eller sorterades efter trädslag och plantantal, framgick att överensstämmelsen mellan faktiska och beräknade antal var ungefär lika god i alla delar av materialet.

\*

Det är tydligt att plantfördelningen inom markberedningsfläckar rätt väl kan beskrivas med ovanstående matematiska uttryck. Den variation ifråga om föryngringsmottaglighet över fläckytan, som kunde tänkas störa plantornas fördelning över densamma, är tydligen till sin verkan av ringa praktisk betydelse i detta sammanhang. Det förtjänar dock påpekas, att det »väntade värdet» på maximiavståndet i genomsnitt var 3—4 procent högre än det observerade medeltalet, vilket kan tas som tecken på en viss om än svag lokalisering av plantuppslaget till fläckarnas centralare delar. Detta stämmer väl med det på frisk mark vid regressionsanalysen erhållna utslaget till de jämbreda fläckarnas förmån.

**Tab. 11. Den genomsnittliga fläckstorleken på olika skogstyper, samt fläckarnas fördelning på olika storleksgrupper (jfr. sid. 112). Alla skärmtyper.**

The mean spot sizes on various sites and the distribution of spots by various groups of sizes (cf. p. 112). All types of shelterwood.

Skogstyp Forest site type	Medelareal m <sup>2</sup> Mean spot size sq.m.	Frekvens i storleksgrupp. Procent. Frequency in size group. Per cent				
		I	II	III	IV	V
Imset-kultivatorn The "Imset" scarifier						
ToLiR	0,71	11	30	26	19	14
ToBiR	0,53	16	34	29	16	5
FrLiR	0,61	15	32	23	20	10
FrBiR	0,48	20	45	21	8	6
FrDrR	0,41	21	51	20	7	1
FrÖR	0,38	—	—	—	—	—
FrÖ	0,34	—	—	—	—	—
SM-kultivatorn The "SM" scarifier						
FrBiR	0,51	13	50	21	7	9
FrDrR	0,41	17	64	9	7	3
FrÖR	0,35	—	—	—	—	—
Manuell markberedning Manual scarification						
Alla All	0,18	—	—	—	—	—

Våra möjligheter att uppskatta maximiavståndet mellan plantorna gäller tydligen oavsett skärmtyp, plantantal och plantslag. Vår närmaste uppgift måste därför bli att undersöka olika markberedningar med hänsyn till förekomsten av olika stora fläckar samt inom fläckstorleksgrupper variationerna ifråga om fläckform. Det kan som avslutning vara värt att understryka, att det givetvis inte alltid är möjligt att vid plantröjningen kvarlämna de längst från varandra stående individerna. Hänsyn måste naturligtvis också tas till de övriga, så att genomsnittskvaliteten hos de kvarlämnade plantorna blir så god som möjligt. En kompromiss får m. a. o. företas mellan kraven på god arealfördelning och plantkvalitet. Vill man bedöma utfallet av denna kompromiss måste kännedomen om plantornas fördelning inom fläckar, och då främst förekomsten av långt från varandra stående individer tillmätas den största betydelse. Genom framtida erfarenheter av plantröjningar i efter Tmb, genom självsådd uppkomna föryngringar kan sedan jämförelser göras mellan teoretisk och i praktiken uppnådd arealfördelning. Ännu saknas dock material för detta.

#### 14. 3. Markberedningsfläckarnas storlek

När man med hjälp av de framlagda funktionerna vill beräkna föryngringsresultatet efter Tmb i en skärm måste man inte bara veta hur stora markberedningsfläckar den använda maskinen i genomsnitt åstadkommer, utan också hur fläckstorlekens frekvensfördelning kring detta medeltal gestaltar sig. I de här undersökta skärmarna har som tidigare nämnts framför allt markberedningsaggregatet »Imset» använts vid Tmb, men i en del fall också »SM»-kultivatoren. Med dåvarande utformning reglerades fläckstorleken på det förra aggregatet genom manuell utlösning. Det senare arbetar automatiskt.

I tab. 11 redovisas en sammanställning av fläckstorleksmätningarna. Dels har den genomsnittliga storleken angivits, dels förekomsten av fläckar i vissa tidigare definierade storleksgrupper (sid. 112). Sammanställningen har utförts för olika skogstyper men gäller alla skärmtyper. Jämförelser mellan de senare visar nämligen, att skillnaderna i fråga om genomsnittlig fläckstorlek och frekvensfördelning är ytterst små och praktiskt betydelselösa. På de mest godartade skogstyperna är materialet alltför litet, för att möjliggöra en frekvensanalys med önskvärd noggrannhet. Vad de manuellt upptagna fläckarna angår visade det sig, att inga skillnader av praktisk betydelse kunde upptäckas mellan de olika skogstypsgrupperna.

Efter Tmb har som synes de största fläckarna, genomsnittligt sett, åstadkommits på torr och frisk lingonristyp. Därefter kommer torr blåbärsristyp, som dock synes stå den friska nära. Detta gäller såväl genomsnittlig fläckstorlek som frekvensfördelning. Vid ökande godhetsgrad hos skogstypen blir

**Tab. 12. Frekvensen fläckar (procent) av olika längd resp. bredd inom olika fläckstorleksgrupper**  
Frequency of spots (per cent) of varying length and width in different groups of spot sizes (cf. p. 112)

Fläck- storlek Spot size	Fläcklängd, cm.													
	20—	30—	40—	50—	60—	70—	80—	90—	100—	110—	120—	130—	140—	150—
	To LiR. Imset-kultivatorn.													
I	8	23	38	23	8									
II			3	15	18	26	26	6	3	3				
III						9	17	6	15	18	20	6	3	6
IV									5	10	15	15	5	10
V													5	
	Fr BiR. Imset-kultivatorn.													
I	1	7	39	35	11	5	1	1						
II				11	25	26	20	9	6	2	1			
III						6	20	20	20	13	13	4	2	1
IV								7	20	17	18	14	7	7
V									3	8	7	10	12	7
	Fr BiR. SM-kultivatorn.													
I	4	15	33	38	8	2								
II				13	33	30	16	6	2					
III						4	34	30	17	8	5	2		
IV							3	11	17	29	3	17	11	9
V											11	9	11	13
	Fr DrR. Imset-kultivatorn.													
I		9	27	42	16	5		1						
II				11	27	23	19	11	6	2	1			
III						8	13	19	19	14	11	12	2	2
IV									20	20	12	16	8	12
V									14		29		14	
	Fr ÖR. Imset-kultivatorn.													
I		4	46	39	11									
II				13	21						2			
III						32	21	4	5	2	10	10		10

fläckarna i genomsnitt allt mindre. Som Samset (1951) visat sammanhänger detta säkerligen med den med skogstypen samvarierande humustjockleken, som utövar ett starkt inflytande på fläckstorleken. För »SM»-kultivatorn har motsvarande beräkningar endast kunnat utföras för frisk blåbärsris- och Dryopteris-ristyp. En jämförelse med »Imset»-markberedningen visar, att skillnaderna mellan aggregaten är små, såväl vad gäller genomsnittlig fläckstorlek som frekvensfördelning. Det är ägnat att förvåna, att den relativa fläckförekomsten i de skilda fläckstorleksgrupperna är så likartad, trots maskinernas ganska olikartade verkningssätt. En sannolik förklaring till detta är, att jämsides med aggregatets tekniska konstruktion också förekomsten av stubbar, stenar, rötter o. s. v. har en mycket stor betydelse för markberedningens resultat.

(jfr sid. 112), inom vissa skogstyper och efter olika markberedningsaggregat.

obtained on various forest site types when different scarifiers have been used.

Length of spot, cm						Fläckbredd, cm. Width of spot, cm								
160—	170—	180—	190—	200+	M cm	20—	30—	40—	50—	60—	70—	80—	90+	M cm
The "Imset" scarifier.														
					45	23	54	23						35
					75		3	50	29	15	3			52
					110			27	29	35	9			58
	15	20		5	152			15	45	25	10	5		60
			10	85	240			5	30	20	25	10	10	68
The "Imset" scarifier.														
					52	9	56	35						38
					77		9	44	36	11				50
					104		1	11	35	33	17	3		61
I	4	3	I	I	128			4	15	31	26	19	5	71
10	7	6	2	28	180			1	6	16	19	19	39	82
The "SM" scarifier.														
					49	10	37	53						39
					72		5	40	45	9	I			51
					96			4	27	37	28	4		65
					121				17	23	34	23	3	72
13	2	5	7	29	180				4	13	20	16	47	84
The "Imset" scarifier.														
					54	8	58	34						38
					77		13	49	32	6				48
					107		1	21	42	26	7	3		58
	4	8			133			12	20	24	24	12	8	68
14				29	170						43	29	28	84
The "Imset" scarifier.														
					51	11	54	32	3					38
					76		18	52	23	7				47
					110			30	30	20	20			58

Vad slutligen de manuellt åstadkomna markberedningsfläckarna angår framgår av tabellen, att dessa varit avsevärt mindre än maskinfläckarna. Inbördes är de till storleken rätt likartade, varför någon uppdelning i de här använda fläckstorleksgrupperna ansetts meningslös.

#### 14. 4. Fläckformen

I de framlagda funktionerna beträffande föryngringsresultatet ingår i vissa fall även ett uttryck för fläckformen. För att kunna utföra realistiska beräkningar över plantförekomsten fordras därför, att vi undersöker fläckformsvariationerna inom de olika fläckstorleksgrupperna. Dessutom kan det som framgått ur föryngringssynpunkt ej vara utan betydelse om plantorna står

sammanträngda i en kort och bred fläck eller om de är mera utspridda i en långsmal. Grupperingar av materialet har därför utförts för olika skogstyper och skärmtyper. De två använda aggregaten hölls åtskilda. Manuellt upptagna fläckar kan i detta sammanhang ej anses påkalla särskild uppmärksamhet och behandlas därför ej. Vid Mmb har man ju möjlighet att påverka fläckformen genom en arbetsinstruktion. Vid Tmb är man däremot helt bunden till maskinens verkningssätt, åtminstone vad angår de automatiskt arbetande typerna. I tab. 12 åskådliggöres den procentuella förekomsten av fläckar med olika längd och bredd i de olika fläckstorleksgrupperna. Som synes förekommer bland de större fläckarna en icke oväsentlig andel, som är ganska långsträckta.

Några mätningar avseende mikrotopografin i fläckarna har ej utförts. De båda maskinernas verkningssätt skiljer sig något åt härvidlag, så att »SM»-kultivatoren tar upp fläckar med djupare mittparti än »Imset». Emellertid uppstår under den första tiden efter Tmb rätt kraftiga jordflytningar i fläckarna, vilket medför att de största olikheterna snabbt utplånas. Rent allmänt får det anses, att en plan mineraljordsyta utgör den bästa grobädden vid själv-sådd, även om inga undersökningar har utförts som kan bekräfta detta.

#### 14. 5. Skärmföryngringsmodeller

Vår kännedom om de för plantuppslaget betydelsefulla förhållandena i markberedda skärmar är nu så väl underbyggd, att realistiska beräkningar bör kunna göras över det totala föryngringsresultatet, då de biologiska och tekniska förutsättningarna varieras. Vid detta arbete måste följande kunskaper utnyttjas:

- a. Fläckstorleks- och fläckformsfördelningen i olika slags markberedningar.
- b. Plantuppslagets numerär under olika förutsättningar.
- c. Den relativa förekomsten av fläckar med olika antal plantor.
- d. Frekvensen »dubbelfläckar».

Vad angår punkterna b—d ovan har redan tidigare relativt allmängiltiga uttryck utvecklats. Beträffande markberedningarnas tekniska egenskaper har också vissa, empiriskt funna resultat framlagts, gällande två typer av mekaniskt arbetande aggregat samt manuell markberedning. I marknaden förekommer dock ett ytterligare antal konstruktioner, som lämnar ett från de här undersökta typerna avvikande markberedningsresultat, främst vad avser genomsnittlig fläckstorlek och fläckform. F. n. sker en utveckling mot allt tyngre och dragstarkare traktorer inom skogsbruket, vilket säkerligen gör det möjligt att vid behov konstruera maskiner, som tar upp avsevärt större fläckar än vad som i dag är vanligt. Önskvärt vid en analys av detta slag är



**Tab. 13. Antagen förekomst av olika fläckstorlekar och olika fläckformer vid beräkning av föryngringsresultatet efter markberedning.**

Occurrence of various sizes and forms of spots assumed at the computation of regeneration results after scarification.

Mark-beredningsalt. Alternative of scarification		Fläck- form Form of spot  q	Fläckstorleksgrupper och klassmitten (m²) Groups of spot size and class middles (m²)								
A	Q		I 0,18	II 0,37	III 0,61	IV 0,85	V 1,29	VI 1,75	VII 2,25	F <sub>m</sub> (m²)	
II 12 13 14 15			Frekvens fläckar, procent. Frequency of spots, per cent								
			100	0	0	0	0	0	0	0,18	
			55	30	10	5	0	0	0	0,31	
			20	45	21	8	6	0	0	0,48	
			10	20	25	25	15	5	0	0,74	
			5	10	15	25	25	15	5	1,05	
			Fläcklängd, m. Length of spot, m.								
			0,3	0,77	1,11	1,42	1,68	2,07	2,41	2,74	
			0,5	0,60	0,86	1,10	1,30	1,61	1,87	2,12	
			0,7	0,51	0,73	0,93	1,10	1,36	1,58	1,79	
			0,9	0,45	0,64	0,82	0,97	1,20	1,39	1,58	
			Fläckbredd, m. Width of spot, m.								
			0,3	0,23	0,33	0,43	0,50	0,62	0,72	0,82	
			0,5	0,30	0,43	0,55	0,65	0,80	0,93	1,06	
			0,7	0,35	0,51	0,65	0,77	0,95	1,11	1,25	
			0,9	0,40	0,58	0,74	0,87	1,08	1,25	1,42	
			Frekvens inom fläckstorleksgrupper, procent. Frequency within spot size group, per cent								
			21	0,3	0	0	0	4	5	10	15
				0,5	8	18	25	32	29	25	30
				0,7	32	51	38	34	36	40	35
				0,9	60	31	37	30	30	25	20
			22	0,3	2	2	3	14	15	20	25
				0,5	17	27	33	37	34	30	35
				0,7	31	50	37	29	31	35	30
				0,9	50	21	27	20	20	15	10
			23	0,3	1	6	13	20	21	30	35
				0,5	22	29	38	36	31	35	35
				0,7	44	41	28	30	33	30	30
				0,9	33	24	21	14	15	5	0
			24	0,3	11	16	23	30	31	40	50
				0,5	27	34	43	41	36	40	35
				0,7	39	36	23	25	28	20	15
				0,9	23	14	11	4	5	0	0



Fig. 39 Modernt, kraftigt markavflående markberedningsaggregat. »Rapps skogskultivator» i dubbellavettage.

Modern, effectively scalping site scarification set. "Rapp's forestry cultivator" in double mounting.

därför att belysa det föryngringsbiologiska värdet av sådana till verknings-sättet olikartade markberedningsmaskiner. Genom den individuella behandlingen av markberedningsfläckarna vad gäller storlek och form bör detta också vara fullt möjligt.

De båda vid denna undersökning använda aggregaten åstadkommer, som framgått, på frisk mark fläckar med genomsnittligt likartad storlek. »SM»-kultivatorns fläckar är dock jämfört med »Imset» förhållandevis korta och breda. Med utgångspunkt från de upptagna »Imset»-fläckarnas fördelning på olika storleksklasser ( $A_{13}$ ) har ytterligare tre Tmb-alternativ konstruerats ( $A_{12}$ ,  $A_{14}$ ,  $A_{15}$ ) vilka samtliga redovisas i tab. 13. Alternativ  $A_{11}$  gäller Mmb. Alternativ  $A_{12}$  är avsett att representera resultatet efter Tmb med lätt,  $A_{14}$  med i dagens läge tung utrustning. Alternativ  $A_{15}$  åsyftar en markberedning åstadkommen av en dragstark traktor med kraftigt markberedningsorgan. Den genomsnittliga fläckytan är här mer än dubbelt så stor som vad »Imset» åstadkommer.

Det är orealistiskt att vänta sig, att maskinerna skall ta upp jämnstora fläckar. Ojämnheter i marken kommer alltid att sörja för en utpräglad storleksvariation. För att täcka behovet härvidlag för alternativ  $A_{14}$  och  $A_{15}$  har det ansetts nödvändigt, att utöka de fem tidigare använda fläckstorleksklasserna med ytterligare två: VI (1,50—1,99 m<sup>2</sup>) och VII (2,00—2,49 m<sup>2</sup>). Klassen V anses här gälla intervallet 1,00—1,49 m<sup>2</sup>.

Beträffande fläckformens variation inom en och samma storleksgrupp har frekvensen fläckar med förhållandet bredd/längd ( $q$ ) = 0,3; 0,5; 0,7 och 0,9 särskilts (tab. 13). Lägre och högre värden på  $q$  är ovanliga i de här undersökta markberedningarna. De för de olika fläckformerna karakteristiska måtten återfinnas också i tabellen. Den ungefärliga fläckformsvariation som kännetecknar »SM»-kultivatorn på frisk blåbärsristyp, anges i tabellen under beteckningen » $Q_{22}$ ». På motsvarande sätt betecknas »Imset» » $Q_{23}$ ». Med utgångspunkt från dessa empiriskt funna formfördelningar har en grupp med genomsnittligt extremt korta och breda ( $Q_{21}$ ) och en med extremt långa och smala fläckar ( $Q_{24}$ ) skapats, på så sätt att en successiv förskjutning av frekvenserna mot låga respektive höga  $q$ -värden företagits.

Genom att kombinera de olika storleks- och formalalternativen, erhållas inte mindre än 20 markberedningar med mycket skiftande tekniska egenskaper. Härigenom torde i huvudsak det i dagens läge, ur teknisk synpunkt sett tänkbara markberedningsintervallet vara täckt.

\*

Det är nu möjligt att bestämma olika egenskaper hos det plantuppslag under skärm, som kan väntas när förutsättningarna varieras. Av intresse i första hand är det genomsnittliga plantantalet per fläck, frekvensen dubbel-fläckar och frekvensen fläckar med 0, 1, 2 . . . o. s. v. plantor. Det räknearbete som åtgår för att ta fram alla dessa karaktärer, är dock utomordentligt om-

fångsrikt. Genom att ett räkneprogram utarbetats för en större elektronisk datamaskin har det emellertid varit möjligt att företa en grundlig analys av föryngringsresultatet i ett stort antal sådana markberedda modellskärmar. Innan vi diskuterar resultatet av dessa beräkningar, måste dock några viktiga förutsättningar för jämförelserna beröras.

#### 14.5.1 Val av besäningsvärden.

Genom tidigare erfarenheter känner vi den storlek som besäningsvärdet  $b$  kan anta på olika höjdnivåer. När vi vill jämföra föryngringsresultatet efter markberedning olika höjdlägen emellan, är det därför av största vikt, att vi utgår från lämpligt valda värden på  $b$ . Försiktigheten bjuder därvid, att vi i en dylik prognos över föryngringsresultatet ej överskattar den besänning som kan väntas. Efter studium av  $b$ -värdena i tab. 3 har därför följande värden valts, utgörande nedre gränsen för den nivå som  $b_t$  antagit i de studerade årsserierna:

	Höjd över havet, m. Altitude, m.					
	100	200	300	400	500	600
	23	18	15	11	8	5
$b_t$ .....	23	18	15	11	8	5

Den övre gränsen för  $b_t$  ligger genomsnittligt enligt tabellen ca 50 procent högre än ovanstående värden.

Det föryngringsresultat som registrerats vid undersökningen har så gott som genomgående uppkommit i skärmar ställda omedelbart före Tmb. Dröjer man i tallskärmar ett antal år med markberedningen, så att ett gynnsammare fröproduktionsstadium uppnåtts (jfr sid. 48), finns det anledning att vänta en avsevärt tätare besänning. Att när det gäller medeltäta tallskärmar räkna med en fördubbling som minimum för vad man då har att vänta, torde av finska undersökningar att döma ej vara alltför optimistiskt (Heikinheimo 1937). Som ett ytterligare tecken på det berättigade i ett sådant antagande kan ett par beräkningar anföras, som utförts för två av institutets tallskärmar i mellersta Norrland, i vilka träden redan under lång tid före Tmb stått förhållandevis glest. Med kännedom om plantförekomsten och övriga data kunde genom insättning i funktion 2a ett »observerat» värde på  $b_t$  uträknas. Det visade sig då att detta blev 2,5 resp. 3 gånger större än det som man erhåller vid ingång i tab. 3.

Under gran kan vi ibland utnyttja goda fröår. Däremellan får vi räkna

med att erhålla låga besåningsvärden. Med ledning av tab. 3 har följande värden på  $b_g$  valts:

	Höjd över havet, m. Altitude, m.					
	100	200	300	400	500	600
Gott fröår: $b_g = \dots$ Good seed year	90	90	80	50	35	25
Mellanår: $b_g = \dots$ Interm. seed year	25	15	8	0	0	0

När det gäller gran finnes ej anledning att vänta någon nämnvärd ökning i fröproduktionsförmågan under ett senare skärmstadium. Heikinheimos (1937) undersökningar tyder närmast på motsatsen.

#### 14.5.2 Val av anspråksnivå.

Föryngringsresultatet kan i en given skärm på frisk mark främst påverkas genom markberedning varvid aggregatets verkningssätt, det antal fläckar som tas upp och tiden för markberedningens insättande är av stor betydelse. Eftersom markberedningskostnaden är starkt beroende av fläcktätheten, är det naturligt, att vi söker värden på det minsta fläckantal som måste tas upp, för att ett visst föryngringsresultat skall uppstå. Härvid fordras främst kännedom om den väntade nollfläcksprocenten, frekvensen fläckar med plantor på ett visst minimiavstånd och det genomsnittliga plantantalet per fläck. Med hjälp av dessa uppgifter kan vi nämligen få en uppfattning om det antal »väl fördelade plantor», som finns inom markberedningsfläckar, samt om det totala antalet plantor som uppkommit i dem.

Våra önskemål om beskaffenheten hos detta genom markberedningen åstadkomna plantuppslag — »anspråksnivån» — bestämmes också av det planttillskott som kan väntas från upp- och nedvända humustorvor och från det osårade marktäcket mellan fläckarna. Beträffande *tallföryngringen* på humustorvor erinrar vi oss (sid. 105) att numerären i en »Imset»-markberedning i genomsnitt visat sig uppgå till ca 9 procent av plantförekomsten i fläckar. Vidare är antalet tallplantor i det osårade marktäcket som visats vanligen mycket litet och dessutom starkt gruppställt. Som ett grovt genomsnitt kan anses, att man i rena tallskrämar på frisk blåbärsristyp efter 5 år bör finna omkring 500 nyföryngrade plantor och ca 300 tillhörande kategorin beståndsföryngring. Med hänsyn till gruppställdheten torde endast högst 500 av dessa plantor kunna utnyttjas efter en plantröjning. Genom att därtill en rätt betydande del av marktäcket förstöres genom markberedningen, kommer det användbara antalet tallplantor att sjunka ytterligare.

Det är därför tydligt att man i tallskärmar på frisk mark måste anlägga huvuddelen av självsådden genom markberedning, om inte föryngringen tillåtes etablera sig under lång tid, varvid skärmen sannolikt successivt behöver utglesas. Som räkneexempel har det ansetts lämpligt att fordra, att 2 500 väl fördelade tallplantor bör finnas per hektar inom markberedningsfläckarna. För den intresserade är det ytterst enkelt att omföra resultaten att gälla andra anspråksnivåer. Tillsammans med plantor på torva och i osårat markläge bör då sammanlagt minst 3 000 väl fördelade plantor finnas att tillgå. Vid skärmens avveckling kan i så fall en rätt kraftig avgång tolereras, utan att antalet väl fördelade plantor blir avskräckande lågt.

Ett ytterligare önskemål måste vara, att det i fläckarna uppkomna totala plantantalet är tillräckligt. Tar man upp mycket små fläckar kan det inträffa, att nära nog varje uppkommen planta tillhör de väl fördelades skara. En viss procentuell plantavgång i en sådan föryngring som nått och jämnt täcker minimifordringarna är naturligtvis betydligt allvarligare än om plantuppslaget är tätt, fastän samlat i ett färre antal stora fläckar.

Vanligen har 70 cm valts som nedre gräns för det avstånd som kan tolereras mellan två plantor i en och samma markberedningsfläck. Medelavståndet mellan plantorna i dubbelfläckar inom en och samma markberedning blir naturligtvis större. Så visade sig detta t. ex. i en »Imset»-markberedning med i genomsnitt 1,83 plantor per fläck vara ca 100 cm (variationsvidd 70—160 cm). I ett särskilt avsnitt skall betydelsen av en ändring av minimigränsen belysas.

Efter markberedning med »Imset»-kultivator kan *plantillskottet av gran* från humustorvor o. dyl. uppskattas till ca 15 procent av vad som finnes i fläckar. I det osårade humustäcket kan granförekomsten ofta vara ganska riklig, men är starkt beroende av höjdläget. På lägre höjdnivåer bör därför pretentionerna på plantuppslaget i markberedningsfläckar kunna sättas relativt lågt. I vissa fall bör man t. o. m. kunna undvara markbearbetning. Av särskilt intresse är, att man även i skärmar med övervägande tall ofta har en hel del granplantor i humustäcket. På lämpliga marker kan dessa säkert vara till nytta som medlemmar av den nya plantgenerationen (jfr fig. 49).

#### 14.5:3 Markberedning för självsådd av tall.

Analysen av de fordringar som vi bör ställa på en tillräckligt omfattande markberedning skall av utrymmesskäl i huvudsak begränsas till den *friska blåbärsristypen*. Med ledning av de resultat som här erhållas är det nämligen även möjligt att rätt väl bedöma metodens förutsättningar på andra skogstyper.

Genom tillämpning av funktionerna 2a och 26 samt annan nödvändig, tidigare behandlad information har i matematikmaskin ett stort antal beräkningar utförts över föryngringsresultatet av tall under »modellskärmar» med

skiftande egenskaper. I tab. 14 visas exempel på maskinutskrift av sådana beräkningar. Det bör observeras, att vissa bokstavsbeteckningar i tabellen något avviker från dem som tidigare använts. Förutom det genomsnittliga plantantalet per fläck ( $M$ ) har maskinen även beräknat frekvensen fläckar med plantor på minst 7, 10, 13 och 16 dm:s avstånd ( $DP$ ) samt frekvensen fläckar med 0, 1, 2 ... t. o. m. 9+ plantor ( $PF$ ). Av särskilt intresse i tab. 14 är att studera den erhållna procenten dubbelfläckar vid olika avståndskrav, frekvensen fläckar med olika antal plantor och föryngringsresultatet i de olika fläckformsgrupperna. Det framgår bl. a. att frekvensen dubbelfläckar endast har nämnvärd betydelse då genomsnittligt stora fläckar åstadkommas ( $A$  13—15). Detta gäller särskilt om enbart stora avstånd tolereras. Vid  $DP = 7$  dm finner man som synes många dubbelfläckar i markberedningar av »Imset»-karaktär ( $A$  13;  $Q$  23), vilket måste minska betydelsen av den ganska höga nollfläcksprocenten.

En jämförelse mellan de vid beräkningarna erhållna frekvenserna fläckar innehållande olika antal plantor med de vid taxeringen empiriskt funna måste vara ägnad att ge en uppfattning om »modellskärmföryngringens» tillförlitlighet. I fig. 40 visas en sådan jämförelse avseende nollfläcksprocenten i mark-

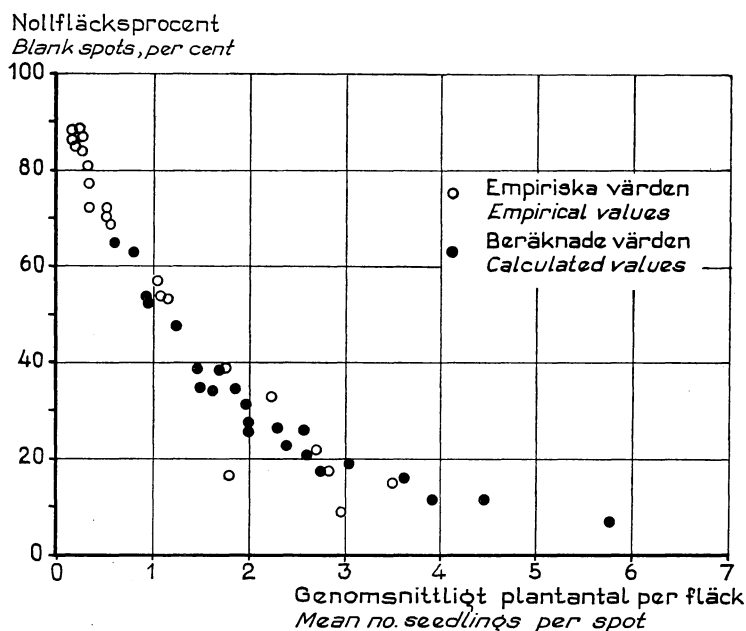


Fig. 40. Jämförelse mellan empiriskt funna och i datamaskin beräknade värden på nollfläcksprocenten i efter markberedning med »Imset»-kultivatoren ( $A$  13;  $Q$  23) uppkomna tallföryngringar av varierande täthet.

Comparison between empirically found values and values processed by data computer concerning frequency of blank spots occurring in Scots pine seedling stands of varying density obtained after scarification by means of the "Imset"-cultivator ( $A$  13;  $Q$  23).

**Tab. 14.** Maskinutskrift av i datamaskin beräknat föröyringsresultat för modellskärmar av olika beskaftenhet (jfr tab. 13 och text).  
Typed presentation of regeneration results processed by data computer for shelterwood models of varying composition (cf. tab. 13 and text p. 242).

MODELL FÖR SKÄRMFÖRYNGRING

A=AREALFÖRDELNING NR Q=FORMFÖRDELNING NR

B=BESÄNINGSV PER TRÄD H=H.Ö.H. 100-TAL M

K=TIONDELÄR TALL

S=SKÄRMTRÄD PER HA, 100-TAL

M=PLANTANTAL PER FLÄCK

DPX=PROC FLÄCKAR MED 2 PLANTOR PÅ AVSTÅND ÖVER X DM

PL=ANTAL PLANTOR

PF=PROC FLÄCKAR MED RESP ANTAL PLANTOR

NR 203 A= 11 Q= 21

B= 15 H= 3.0 K= 10 S= 1.8

M= 0.45

DP 7= 0.0 DP 10= 0.0 DP 13= 0.0 DP 16= 0.0

PL	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9+
PF	70.4	19.9	6.4	2.2	0.7	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0

NR 203 A= 12 Q= 21

B= 15 H= 3.0 K= 10 S= 1.8

M= 1.10

DP 7= 4.2 DP 10= 0.8 DP 13= 0.0 DP 16= 0.0

PL	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9+
PF	51.0	22.4	11.7	6.4	3.6	2.1	1.2	0.7	0.4	0.5

NR 203 A= 12 Q= 22

B= 15 H= 3.0 K= 10 S= 1.8

M= 1.09

DP 7= 4.6 DP 10= 1.1 DP 13= 0.2 DP 16= 0.0

PL	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9+
PF	51.6	22.2	11.5	6.3	3.6	2.0	1.2	0.7	0.4	0.5

NR 203 A= 12 Q= 23

B= 15 H= 3.0 K= 10 S= 1.8

M= 1.08

DP 7= 5.0 DP 10= 1.4 DP 13= 0.2 DP 16= 0.0

PL	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9+
PF	52.0	22.0	11.4	6.3	3.5	2.0	1.2	0.7	0.4	0.5

NR 203 A= 12 Q= 24

B= 15 H= 3.0 K= 10 S= 1.8

M= 1.05

DP 7= 5.7 DP 10= 1.8 DP 13= 0.4 DP 16= 0.0

PL	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9+
PF	53.0	21.7	11.2	6.1	3.4	2.0	1.1	0.6	0.4	0.5

NR 203 A= 13 Q= 21

B= 15 H= 3.0 K= 10 S= 1.8

M= 1.87

DP 7= 11.7 DP 10= 4.1 DP 13= 1.0 DP 16= 0.1

PL	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9+
PF	33.8	23.0	15.4	10.0	6.4	4.1	2.6	1.7	1.1	2.0

NR 203 A= 13 Q= 22

B= 15 H= 3.0 K= 10 S= 1.8

M= 1.86

DP 7= 12.5 DP 10= 4.9 DP 13= 1.6 DP 16= 0.4

PL	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9+
PF	34.2	22.9	15.3	9.9	6.4	4.1	2.6	1.7	1.1	1.9

NR 203 A= 13 Q= 23

B= 15 H= 3.0 K= 10 S= 1.8

M= 1.85

DP 7= 13.3 DP 10= 5.6 DP 13= 1.9 DP 16= 0.5

PL	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9+
PF	34.4	22.9	15.3	9.9	6.3	4.0	2.6	1.6	1.1	1.9

NR 203 A= 13 Q= 24

B= 15 H= 3.0 K= 10 S= 1.8

M= 1.82

DP 7= 14.5 DP 10= 6.6 DP 13= 2.5 DP 16= 0.7

PL	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9+
PF	35.1	22.8	15.1	9.8	6.2	3.9	2.5	1.6	1.0	1.9



NR 203 A= 14 Q= 21  
 B= 15 H= 3.0 K= 10 S= 1.8  
 M= 3.04  
 DP 7= 29.5 DP 10= 14.3 DP 13= 5.0 DP 16= 1.2

PL 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9+  
 PF 20.5 18.1 15.3 12.2 9.4 7.0 5.1 3.7 2.6 6.1

NR 203 A= 14 Q= 22  
 B= 15 H= 3.0 K= 10 S= 1.8  
 M= 3.02  
 DP 7= 30.8 DP 10= 16.3 DP 13= 6.8 DP 16= 2.1

PL 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9+  
 PF 20.8 18.1 15.3 12.2 9.3 6.9 5.1 3.6 2.6 6.1

NR 203 A= 14 Q= 23  
 B= 15 H= 3.0 K= 10 S= 1.8  
 M= 3.01  
 DP 7= 31.8 DP 10= 17.6 DP 13= 7.8 DP 16= 2.9

PL 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9+  
 PF 21.0 18.2 15.3 12.1 9.3 6.9 5.0 3.6 2.6 6.0

NR 203 A= 14 Q= 24  
 B= 15 H= 3.0 K= 10 S= 1.8  
 M= 2.99  
 DP 7= 33.4 DP 10= 19.8 DP 13= 9.6 DP 16= 3.8

PL 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9+  
 PF 21.3 18.2 15.2 12.1 9.2 6.8 5.0 3.6 2.6 6.0

NR 203 A= 15 Q= 21  
 B= 15 H= 3.0 K= 10 S= 1.8  
 M= 4.33  
 DP 7= 47.6 DP 10= 30.5 DP 13= 15.1 DP 16= 5.4

PL 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9+  
 PF 12.4 13.3 13.1 12.0 10.4 8.6 7.0 5.6 4.3 13.3

NR 203 A= 15 Q= 22  
 B= 15 H= 3.0 K= 10 S= 1.8  
 M= 4.32  
 DP 7= 48.9 DP 10= 33.0 DP 13= 18.2 DP 16= 7.9

PL 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9+  
 PF 12.6 13.3 13.1 11.9 10.3 8.6 7.0 5.5 4.3 13.3

NR 203 A= 15 Q= 23  
 B= 15 H= 3.0 K= 10 S= 1.8  
 M= 4.31  
 DP 7= 49.9 DP 10= 34.6 DP 13= 20.2 DP 16= 10.0

PL 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9+  
 PF 12.7 13.4 13.1 11.9 10.3 8.6 6.9 5.5 4.3 13.3

NR 203 A= 15 Q= 24  
 B= 15 H= 3.0 K= 10 S= 1.8  
 M= 4.30  
 DP 7= 51.4 DP 10= 37.2 DP 13= 23.2 DP 16= 12.4

PL 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9+  
 PF 12.9 13.4 13.1 11.9 10.2 8.5 6.9 5.5 4.3 13.3

52:4

NATURLIG FÖRYNGRING UNDER SKÄRM

I33

beredningar av »Imset»-karaktär Som synes är överensstämmelsen synnerligen god. Liknande jämförelser har också utförts mellan teoretiska och empiriska frekvenser fläckar med högre plantantal. Även här är samstämmigheten mycket tillfredsställande. Den vid beräkningarna använda regressionen av  $Q^2$  på  $m$  (fkn 26) har tydligen visat sig hålla måttet då den här samtidigt tillämpats på olika fläckstorleksgrupper inom vilka även formen varierar.

Ur tab. 14 kan även utläsas, att fläckformen inom en och samma fläckstorleksgrupp har ganska liten betydelse för  $DP$ - och nollfläcksprocenten. Detta åskådliggöres något tydligare i fig. 41. Genom en omräkning visas här det antal väl fördelade plantor, som erhålles per 1 000 upptagna fläckar vid varierande genomsnittlig fläckstorlek ( $F_m$ ),  $DP$ -krav och fläckform. Beträffande den sistnämnda har endast  $Q$  21 och  $Q$  24 inritats. Som synes kan bara i de fall där mycket stora fläckar upptas fläckformsalternativet nämnvärt påverka planantalet. Inget av dessa är tydligen tillräckligt radikalt för att avsevärt skilja sig från de övriga. Härtill behövs fläckar, som är ännu längre och smalare. Ett förhållande som bidrar till att minska uppkomsten av dubbelfläckar i mera långsmala fläckformsalternativ, är att förnygringsmottagligheten för tallplantor i dessa fläckar är lägre än i de korta och breda. Det är

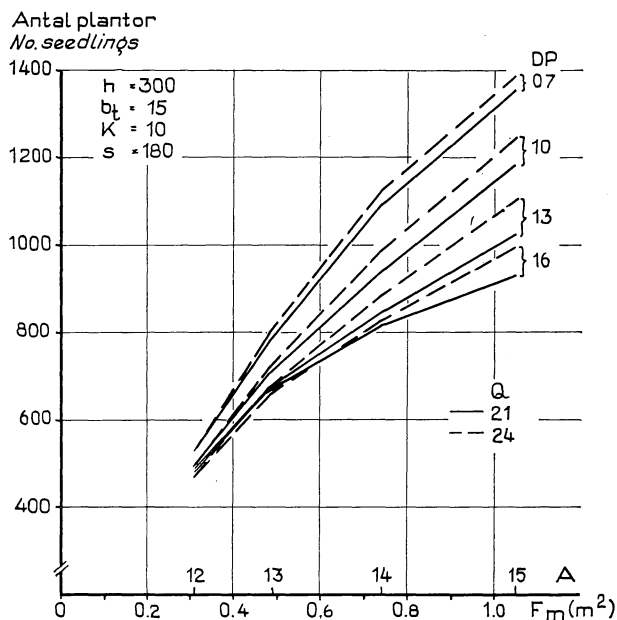


Fig. 41. Antalet väl fördelade plantor per 1 000 markberedningsfläckar av varierande genomsnittlig storlek ( $F_m$ ),  $DP$ -krav och fläckform ( $Q$ ) (jfr. text och tab 13).  
No. seedlings well distributed per 1 000 scarified spots of varying average size ( $F_m$ ),  $DP$ -requirements and form ( $Q$ ) (cf. tab. 13).

därför osäkert, om man vid Tmb under tall har mycket att vinna på att konstruera markberedningsmaskiner, som tar upp mycket långa fläckar. En viss risk föreligger nämligen att ett sådan verkningssätt menligt kan återverka på andra fläckegenskaper, såsom t. ex. djupet. Då fläckformen således ej visat sig ha särskilt stor betydelse kommer i det följande endast alternativ Q 23 att diskuteras.

För att återgå till fig. 41 framgår vidare, att man genom val av DP-nivå har stora möjligheter att påverka det föryngringsvärde som markberedningen representerar. Detta gäller särskilt i de fall där genomsnittligt stora fläckar tas upp.

Tidigare har en figur (38) visats, av vilken framgick att föryngringsresultatet vid okulärbedömning fått betyget »godkänt» trots en förekomst av upp till 30 procent nollfläckar. Det kan därför vara av intresse, att som i fig. 42 jämföra den vid beräkningarna funna nollfläcksprocenten med det antal »Imset»-fläckar som åtgår per hektar, för att vi skall erhålla 2 500 väl fördelade plantor. Som framgår ökar nollfläcksprocenten bågformigt vid ökande fläckåtgång. Vid 30 procent nollfläckar är fläckåtgången ca 3 000 per hektar. Av erfarenhet kan sägas, att detta i dagens läge bör vara rätt nära gränsen

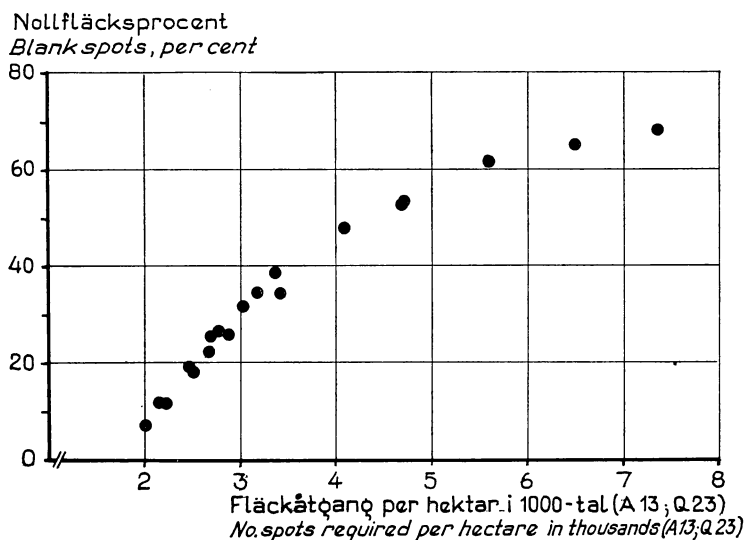


Fig. 42. Nollfläcksprocenten i markberedningar, som, på grund av olikartade föryngringsförhållanden, måste utföras med ett varierande antal fläckar per hektar, eftersom 2 500 väl fördelade plantor eftersträvs (jfr text). Beräkningar i datamaskin.

Frequency of blank spots in seedling stands obtained after scarification under shelterwood. To produce 2 500 well distributed seedlings per hectare, the projects were made with varying spacing to compensate for dissimilarities in the regeneration conditions. Processing by data computer (cf. text p. 242).

för vad man till en rimlig hektarkostnad kan åstadkomma med markberedningsutrustning av detta slag.

<sup>162</sup> Vi skall nu söka belysa de fordringar ifråga om markberedningsinsats, som bör uppställas på olika höjdnivåer inom området, för att det önskvärda antalet väl fördelade plantor skall erhållas. Dessutom skall det totala plantuppslag per hektar beräknas, som erhålles i fläckarna när dessa önskemål uppnåtts. Vi jämför då först rena tallskrämar med 180 stammar per hektar, i vilka vi markbereder med olika maskiner (*A* 12—15; *Q* 23), samt handhackar (*A* 11; *Q* 21). Det bör anmärkas att man ibland fr. o. m. ca 500 m. ö. h. erhåller något högre plantantal i glesare skrämar.

I fig. 43 återfinnas en serie diagram som för olika hundrametersnivåer visar det erforderliga markberedningsarbetet per hektar samt det totala antalet i dessa fläckar växande plantor. Markberedningen tänkes insatt dels omedelbart efter skärmhuggningen, dels i ett senare, gynnsammare fröproduktionsstadium.

Tidpunkten för åtgärden har som synes stor betydelse på alla höjdnivåer. Förutsatt att ett fördubblat fröfall erhålles kan, oberoende av den genomsnittliga fläckstorleken, ett avsevärt markberedningsarbete sparas in, om man väntar några år med åtgärden. Detta gäller i särskilt hög grad om de upptagna fläckarna genomsnittligt är små. Det totala antalet plantor i fläckarna är också avsevärt högre vid det senare markberedningstillfället, särskilt på lägre nivåer där 35—50 procents bättre plantresultat inte är ovanligt.

Den genomsnittliga storleken har ytterst stor betydelse för fläckåtgången. Detta gäller alla höjdnivåer, men framför allt de högre. Så t. ex. måste man vid handhackning omedelbart efter skärmhuggningen på 300 m. ö. h. ta upp 8 500 fläckar per hektar. Vid markberedning med »Imset» räcker det med 3 200 och »*A* 15; *Q* 23» behöver endast ta upp 1 800 fläckar per hektar. I händelse av sen markberedning är motsvarande värden respektive 4 400, 2 300 och 1 500. Av figurerna framgår klart att markberedningar där små fläckar åstadkommas genomgående måste ske så, att ett mycket stort antal tas upp. Som bekant är handhackning en ganska dyrbar åtgärd. Insats av manuell arbetskraft för att åstadkomma naturlig föryngring under tall kan därför endast vara ekonomiskt försvarbar i ovanligt gynnsamma fall. Så t. ex. måste även på låg höjd (100 m. ö. h.), och i en skärm med hög fröproduktion ( $b_t = 46$ ), 3 200 handhackade fläckar tas upp per hektar. Det totala plantantalet blir också jämförelsevis lågt vid handhackning. I nyssnämnda 3 200 Mmb-fläckar finns sålunda endast omkring hälften så många plantor per hektar, som i en »Imset»-markberedning om 2 000 fläckar, och endast omkring 30 procent av det antal plantor, som uppkommer om »*A* 15; *Q* 23» insättes och tar upp 1 400 fläckar per hektar. Även i de fall ett lätt arbetande markberedningsaggregat användes

1000-tal fläckar resp. plantor per hektar, *Thousands of spots and seedlings per hectare respectively*

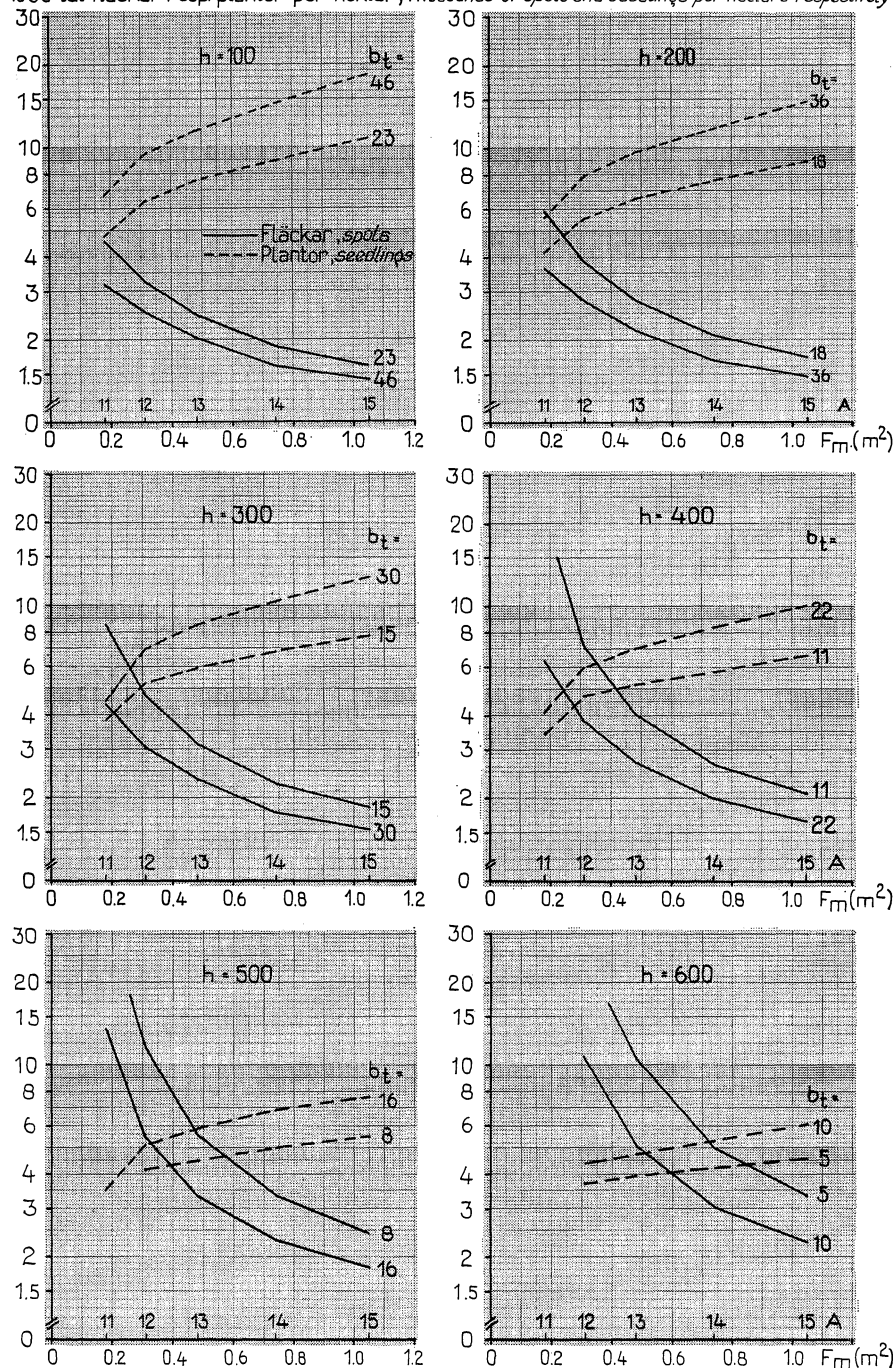


Fig. 43. Det erforderliga antalet fläckar per hektar samt det i dessa växande antalet plantor vid markberedning med olika maskintyper, då under varierande förutsättningar (jfr sid. 64—65 och tab. 13) 2 500 väl fördelade tallplantor per hektar eftersträvas (jfr text).  $Q = 23$ .  $K = 10$ .  $s = 180$ .

No. spots per hectare and the no. seedlings in the spots required when 2,500 well distributed Scots pine seedlings per hectare are wanted and when scarification has been carried out by various types of cultivators under different conditions (cf. p. 231 and tab. 13).  $Q = 23$ .  $K = 10$ .  $s = 180$ .

(t. ex.  $A\ 12$ ;  $Q\ 23$ ) blir fläckåtgången lätt avskräckande hög med undantag för de lägsta nivåerna.

Det har tidigare nämnts, att 3 000 med »Imset»-aggregat upptagna fläckar per hektar ungefär bör utgöra den övre gränsen för vad som i dag är ekonomiskt möjligt att åstadkomma under skärm. Av figurerna framgår att i så fall  $Tmb$  med denna utrustning ej bör insättas i nyställda skärmar över 300 m. ö. h. Väntar vi i stället, så att träden först fått tillfälle att förbättra sin fröproduktion, kan markberedning i förhållandevis täta tallskärmar utsträckas till över 400 m. ö. h. Användas däremot mer kraftigt arbetande maskiner, är fläckåtgången avsevärt lägre. Vid markberedning med » $A\ 15$ ;  $Q\ 23$ » behöver man, t. ex. beroende på höjdläge m. m., endast ta upp 50—70 procent av det fläckantal som är nödvändigt vid arbete med »Imset»-kultivatorn.

Emellertid måste man vid maskinell markberedning räkna med att kostnaden per fläck står i viss proportion till dess storlek. Tyvärr saknas f. n. möjlighet att närmare bedöma kostnadsrelationerna olika markberedningsalternativ emellan. Vid detta slags arbete utgör dock de fasta kostnaderna en mycket betydande del av totalutgiften. Den ökning i stycketalskostnad, som en inom rimliga gränser ändrad fläckstorlek medför, bör därför vara rätt blygsam. En vanlig svårighet vid maskinell markberedning är, att få traktorföraren att hålla det föreskrivna fläckförbandet, om detta är tätt. Ifrågasätts kan därför om inte en lättframkomlig, kraftigt markavflående enkelkultivator ( $A\ 14$ — $15$ ), dragen av en medeltung bandtraktor (4—5 ton), vore den för skärmföryngring lämpligaste och billigaste maskintypen, åtminstone för

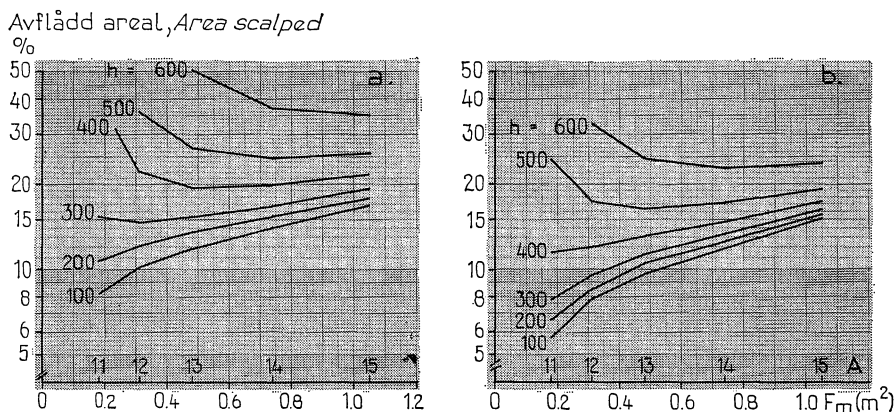


Fig. 44. Blottlagd mineraljord i procent av totalarealen då det i fig. 43 åskådliggjorda markberedningsarbetet utförts. a = lägre; b = högre  $b_1$ -nivån.

Bared mineral soil in per cent of the total area when work has been carried out as described in the previous figure. a = low  $b_1$ -level; b = high  $b_1$ -level.

storskogsbruket. Med en sådan skulle fläckåtgången i de flesta fall kunna hållas på en låg nivå, t. ex. 1 500—2 000 fläckar per hektar.

Avflåningsprocenten, d. v. s. den arealmässiga andelen blottlagd mineraljord, utgör ett användbart uttryck för det uträttade markberedningsarbetet. Korresponderande mot fig. 43 visas avflåningen i fig. 44. På låga nivåer är som framgår avflåningsbehovet minst om små fläckar tas upp. Orsaken härtill är, att plantorna i dessa blir bättre fördelade över arealen, varför de ur denna synpunkt s. a. s. blir lättare att utnyttja. Ovan 400 à 500 m ändras dock förhållandena så, att de större fläckarna ger det minsta avflåningsbehovet. Av figuren framgår också, att en avflåning under 10 procent endast sällan medför önskvärt resultat. Mycket ofta överstiger behovet 15 procent.

Vi har hittills behandlat tallskärmar med 180 stammar per hektar. I fig 45 visas för 100 resp. 300 m. ö. h. på samma sätt som tidigare fläckåtgång och plantantal per hektar vid markberedning med »A 13; Q 23; (Imset) under tallskärmar av varierande täthet. De täta skärmarnas överlägsenhet framgår såväl när det gäller fläckåtgång som plantantal. Vid 50 stammar per hektar krävs beroende på höjdläge och tidpunkt för markberedningen 300—500 fler fläckar än vid 180 stammar. Skillnaderna i fråga om uppkommet, totalt plantantal varierar samtidigt mellan 1 000 och 5 000 per hektar. I extremt

1000-tal fläckar resp. plantor per hektar

Thousands of spots and seedlings per hectare respectively

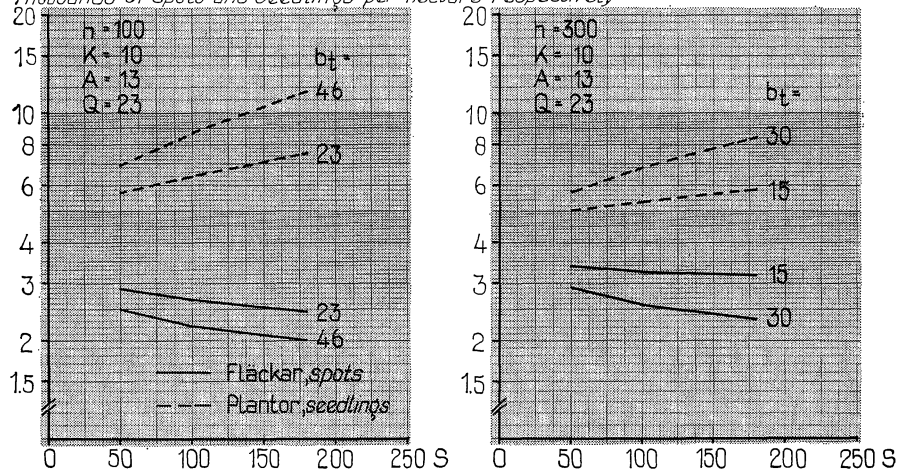


Fig. 45. Det erforderliga antalet fläckar per hektar samt det i dessa växande antalet plantor vid markberedning i skärmar av olika täthet, då under varierande förutsättningar (jfr sid. 64—65 och tab. 13) 2 500 väl fördelade tallplantor per hektar eftersträvas (jfr text).  $Q = 23$ .

No. spots per hectare and no. seedlings in the spots required when 2 500 well distributed Scots pine seedlings per hectare are wanted after scarification in shelterwood stands of varying density under different conditions (cf. p. 231 and tab. 13).  $Q = 23$ .

täta skärmar försvåras emellertid markberedningsekipagens framkomlighet. Enligt författarens erfarenhet börjar, när det gäller bogserade enkelaggregat, skärnträden märkbart hindra vägvalet vid stamtätheter över ca 250 per hektar. Användes dubbelaggregat får man räkna med motsvarande svårigheter i skärmar med mer än 200 träd per hektar.

Vid markberedning i blandskärmar kan besåning väntas från båda trädslagen. Emellertid medför granens ojämna frösättning, att man i de flesta fall får lita till det plantuppslag som härrör från tallen. Markberedningen bör därför utföras så, att tallföryngringens numerär ej blir alltför liten, för att ensam kunna trygga den framtida generationen. Detta medför att man i blandskärmar får räkna med en större fläckåtgång än under ren tall. Sålunda ger utförda beräkningar vid handen att beroende på höjdläget, men relativt oberoende av tidpunkten för markberedningen, 20—60 procent fler »Imset»-fläckar måste tas upp i en blandskärm ( $K = 05$ ) med 180 stammar per hektar än i en lika tät ren tallskärm, om lika många väl fördelade tallplantor skall erhållas. Den minsta ökningen i fråga om arbetsåtgång erhålles på låga nivåer. Det totala antalet tallplantor blir emellertid även efter en sådan ökning av fläckantalet endast 70—90 procent av den rena skärmens. På lägre nivåer kan vi dock i blandskärmar räkna med, att finna en ganska individrik granföryngring mellan fläckarna, något som kan minska kravet på fläckföryngringens numerär.

\*

Med hjälp av de erfarenheter som ovan gjorts beträffande fläckåtgången på den friska blåbärsristypen, kan vi också dra värdefulla slutsatser om markberedningens lämplighet på andra skogstyper.

Som tidigare framgått (sid. 77) erhålles i glesa skärmar på *torr ristyp* tätare plantuppslag av tall i det osårade humustäcket än på den friska typen. När vi bedömer markberedningskravet på skogstypen i fråga måste hänsyn tas till detta. Emellertid har också framgått, att plantuppslaget i fläckar på torra marker ganska snabbt avtar med höjden över havet, särskilt eftersom fläckstorleken ej synes ha nämnvärd positiv effekt på höga nivåer. På lägre höjd, t. ex. under 350 m. ö. h., har å andra sidan på torr mark ett med den friska fullt jämförbart plantuppslag registrerats.

Även om på torr ristyp de tätaste plantuppslagen infunnit sig i förhållandevis glesa skärmar, antingen det gäller markberedningsfläckar eller osårat humustäcke, är känsligheten för antalet skärnträd ej alls så stor om markberedning företas, som när man litar till det plantuppslag som infinner sig utan åtgärd (jfr. fig. 20 och 24). Maskinell markberedning på torra marker, vilka vanligtvis är rätt plana och stenfattiga, är samtidigt en ganska billig åtgärd. På lägre höjdnivåer bör man om Tmb insättes därför även på denna



skogstyp ha mycket att vinna i fråga om ökad säkerhet, när det gäller föryngringsresultatet. Plantornas invandring påskyndas då, samtidigt som jämnheten blir mer oberoende av variationer i skärmens täthet.

Som tidigare framgått kan den *friska lingonristypen* jämföras med blåbärsristypen vad gäller plantuppslaget efter Tmb. Våra erfarenheter från den senare får därför anses tillämpliga även på den förra.

Vad slutligen den *friska Dryopteris-ristypen* angår, visade sig plantförekomsten här under likartade skärmförhållanden i övrigt endast vara ca 40 procent av motsvarande på den friska blåbärsristypen. På denna skogstyp förekommer tallen vanligen ej ren, utan mest i blandning med gran. Vid markberedning för erhållande av tallföryngring ökar i sådana fall, som påpekats, kraven på fläckåtgång starkt. Om meningen är att grundlägga ett rent bestånd av tall måste man därför vänta, att på denna skogstyp en markberedningsåtgärd endast i sällan inträffande, gynnsamma fall kommer att resultera i ett tillräckligt tätt plantuppslag. Vill man däremot endast åstadkomma en viss tallinblandning i plantbeståndet, kan detta naturligtvis ske genom markberedning. En förutsättning är dock i så fall, att tallinslaget i skärmen är påtagligt, eftersom fläckåtgången annars måste bli avskräckande hög.

\*

De utförda beräkningarna över föryngringsresultatet under skärm gäller ett begränsat område. Trots detta bör vi kunna få en viss uppfattning om metodens möjligheter i andra landsdelar genom att studera de i tab. 3 framlagda besäningsvärdena mot bakgrunden av de här erhållna föryngringsresultaten. Vid granskningen av tabellen kan det vara lämpligt att utgå från vissa kritiska gränsvärden för besäningsbehovet. Med stöd av de här gjorda erfarenheterna gällande frisk blåbärsristyp utgår vi därvid från, att  $b_t = 15-20$  är nödvändigt vid Tmb med »A 13; Q 23» omedelbart efter skärnhuggningen. Avser vi att avvakta ett gynnsammare fröproduktionsstadium hos skärnträden bör  $b_t = 10$  vara tillräckligt. Användas andra maskiner kommer kraven naturligtvis att ändras (jfr. fig 43). Det bör påpekas, att breddgraden vid jämförelser av detta slag får antas ha en liknande betydelse som höjdläget inom området visat sig utöva, nämligen så att högre besäningsvärden behövs i norr än i söder för att samma plantuppslag skall erhållas.

Av tab. 3 framgår, att tallens besäningsvärden under den aktuella observationsperioden ligger på en mer än tillräckligt hög och dessutom betryggande jämn nivå i alla höjdlägen söder om 62:dra breddgraden. På höjder avsevärt över 500 m, från vilka säkra observationer här saknas, kan man dock vänta sig att besäningsvärdena blir otillräckliga. Inom det här berörda breddgradsområdet bör, som tidigare behandlats, markberedning i bästa fall kun-

na ge önskvärt resultat upp till drygt 400 m. ö. h. Inom området norr om 64:de breddgraden varierar  $b_t$  kraftigt i tiden, och ligger ovan 200 m. ö. h. ofta på en alltför låg nivå. De stora klimatiska olikheter, som beroende på den nordliga bredden råder inom detta stora område, medför dock, att den angivna höjdgränsen får anses utgöra ett grovt genomsnitt och säkerligen bör uppjusteras rätt kraftigt i söder och sänkas i norr. Av tabellen framgår också klart, att markberedning under tall i norrländska höjdlägen vanligen kommer att ge otillräckliga eller åtminstone osäkra föryngringsresultat med i dag tillgängliga maskiner.

#### 14.5.4. Markberedning för självsådd av gran.

På samma sätt som beskrivits för tall på frisk blåbärsristyp har beräkningar utförts, för att klarlägga föryngringsresultatet vid markberedning för självsådd av gran.

De erfarenheter som vi gjort beträffande plantuppslaget av tall efter olika kraftigt arbetande markberedningsmaskiner, liksom om betydelsen av olika fläckformsalternativ, är i princip också överförbara på granföryngring. Jämförelser, som utförts mellan de vid beräkningarna erhållna nollfläcksprocenterna och de vid taxeringen funna, visar också tillfredsställande överensstämmelse.

De tidigare för gran erhållna besåningsvärdena gör det klart, att man på höga nivåer endast kan vänta sig att erhålla ett godtagbart föryngringsresultat efter Tmb om effekten av ett gott fröår uppfångas. På låg höjd över havet är det däremot ibland möjligt, att erhålla viss besåning även under »mellanår». I fig. 46 visas på samma sätt som tidigare för tall en serie diagram åskådliggörande fläckåtgång och totalt plantuppslag i rena granskärmar med 200 stammar per hektar på olika höjdnivåer. Diagrammen avser genomgående föryngringsresultatet efter markberedning på *frisk blåbärsristyp* insatt före ett gott fröår, utom vid 200 m. ö. h., där även kurvor för ett markberedningsår med lägre besåningsvärde inritats.

Om ett gott fröår utnyttjas föreligger som framgår av figurerna ej något behov av stora fläckar. T. o. m. vid Mmb räcker det vanligen med mindre än 3 000 fläckar per hektar, utom på hög höjd, där behovet är något större. Om stora fläckar tas upp före ett ymnigt fröfall, kan det totala plantuppslaget bli mycket individrikt, upp till 50 000 plantor per hektar på låga nivåer. Fördelen av ett lågt fläckantal vid ett sådant markberedningsalternativ måste då motverkas av att i framtiden dyrbara röjningsåtgärder får vidtas.

När markberedning för självsådd av gran planeras, måste man också ta med i beräkningen, att plantförekomsten mellan fläckarna kan vara ganska god på lägre höjdnivåer. Före goda fröår behöver därför markberedning un-

1000-tal fläckar resp. plantor per hektar, *Thousands of spots and seedlings per hectare respectively*

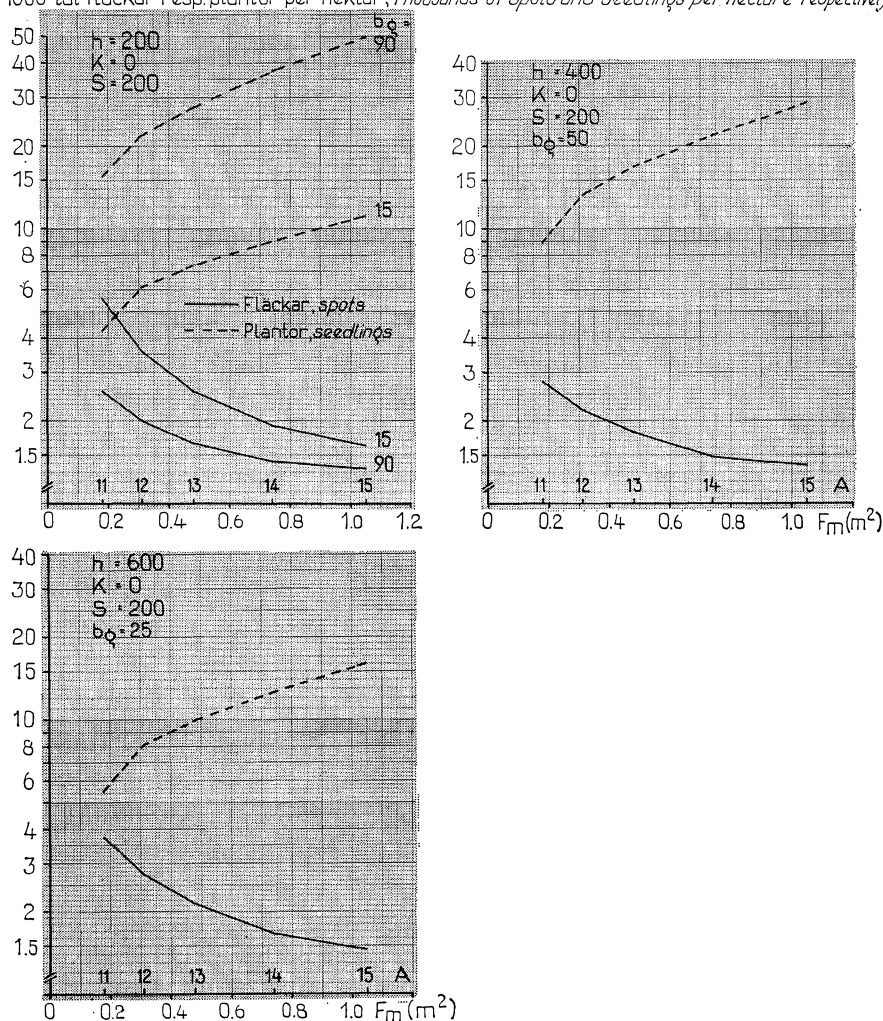


Fig. 46. Det erforderliga antalet fläckar per hektar samt det i dessa växande antalet plantor vid markberedning med olika maskintyper, då under varierande förutsättningar (jfr sid. 64—65 och tab. 13) 2 500 väl fördelade granplantor per hektar eftersträvas (jfr text).  $Q = 23$ .

No. spots per hectare and no. seedlings in the spots required when 2 500 well distributed Norway spruce seedlings per hectare are wanted after scarification by various types of cultivators under different conditions (cf. p. 231 and tab. 13).  $Q = 23$ .

der gran endast företas med relativt små fläckar i »normalt», eller med större i rätt gles förband. Detta gäller i stort sett oberoende av höjdläget. Man får dock ej bortse från önskemålet, att i klimatiskt karga trakter åtgärder,

som gynnar humustäckets nedbrytning, t. ex. i form av hyggesbränning, ofta är önskvärda i samband med generationsväxlingen (Hesselman 1937, Sirén 1955). Detta minskar naturligtvis skärföryngringens ändamålsenlighet på höga nivåer inom området.

Erhålles efter markberedningen ej verksam besåning från ett gott fröår, blir bilden i fråga om fläckåtgång och plantuppslag en helt annan. Vi skall i ett kommande avsnitt närmare diskutera utsikterna, att under sådana mellanår bedriva markberedning under gran. På låga nivåer inom området har granens frösättning under observationsperioden dock varit sådan, att fläckåtgången i granskärmar blir rätt lika den som erhållits för tall 200 à 300 m över havet.

Vid markberedning under ett gott granfröår är avflåningsbehovet förhållandevis litet. Korresponderande till fig. 46 framgår detta av fig. 47. I gynn-samma fall är mindre än 5 procents avflåning tillräcklig. Under sämre frö-produktionsbetingelser stiger dock avflåningskravet starkt.

Vid markberedning i blandskärmar bör man som tidigare framhållits vanligen inrikta sin åtgärd så, att tallens besåning utnyttjas. Detta gäller fram-för allt om man, som ofta är fallet, får anta, att granens kottsättning kom-mer att bli minimal. Fläckåtgången blir då hög. Inträffar däremot ett gott granfröår, erhålles rikligt med granplantor även i blandskärmar. Detta fram-

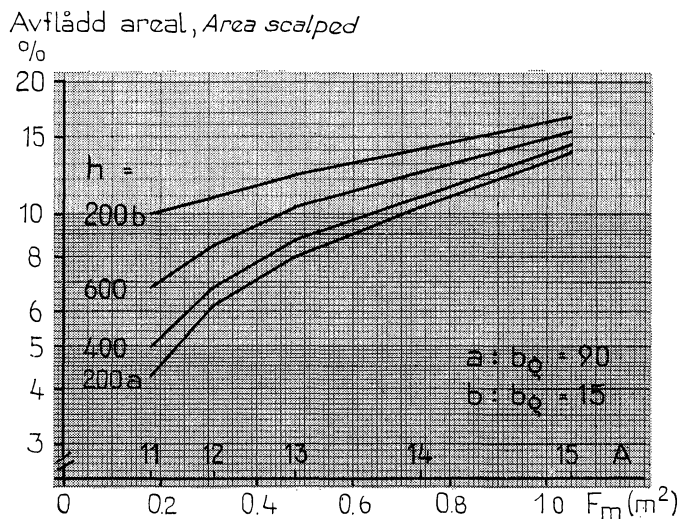


Fig. 47. Blottlagd mineraljord i procent av totalarealen då det i fig. 46 åskådliggjorda markberedningsarbetet utförts.

Bared mineral soil in per cent of total area when work has been carried out as described in the previous figure.

går av fig. 48, där också skärmtäthetens betydelse åskådliggöres. Som synes uppkommer i sådana fall rätt mycket plantor även i glesa skärmar, rena såväl som blandade.

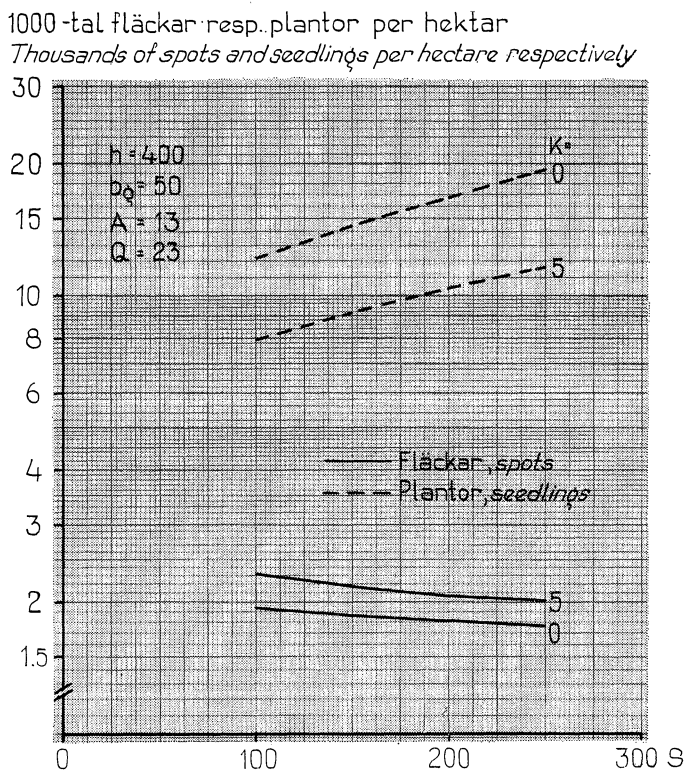


Fig. 48. Det erforderliga antalet fläckar per hektar samt det i dessa växande antalet plantor vid markberedning i skärmar med olika täthet då under varierande förutsättningar (jfr sid. 64—65 och tab. 13) 2 500 väl fördelade granplantor eftersträvas.  $Q = 23$ .

No. spots per hectare and no. seedlings in the spots required when 2 500 well distributed Norway spruce seedlings are wanted after scarification in shelterwood stands under different conditions (cf. p. 231 and tab. 13).  $Q = 23$ .

\*

Förutom på den ovan behandlade skogstypen är markberedning för själv-sådd av gran framför allt tänkbar på *frisk Dryopteris-ristyp*. Här gäller i stort sett samma regler som för den friska blåbärsristypen. Vid samma trädstorlek i skärmen får man dock i genomsnitt räkna med att erhålla ett något individfattigare plantuppslag (jfr sid. 73), men detta kompenseras på lägre nivåer av en tätare föryngring mellan fläckarna. På *de bördigaste skogsty-*

*perna* torde markberedning endast sällan behöva vidtas. Igenväxningsprocesserna är här mycket snabba och plantuppslaget i fläckarna kan väntas bli förhållandevis glest (jfr sid. 74). Förekomsten av granplantor i humustäcket brukar däremot vara god.

\*

Även när man vill bedöma möjligheterna att framgångsrikt företa markberedning för självsådd under gran i olika landsdelar kan tab. 3 tjäna som lämpligt underlag. Av denna framgår först och främst, att 1954 års fröproduktion nära nog över allt i landet väl bör ha räckt till för att grundlägga ett tillräckligt individrikt plantuppslag. Därefter har endast fröfall av betydelse uppträtt lokalt och sporadiskt. Undantag från denna regel utgör de sydligaste landsdelarna och i än högre grad de lägsta höjdnivåerna inom vårt undersökningsområde. Här har genomgående förhållandevis höga besåningsvärden registrerats, även då markberedning insatts efter år 1954. Med ledning av den starka variation och ofta mycket låga nivå, som kännetecknar besåningsvärdena inom huvuddelen av landet efter år 1954, och i brist på närmare kunskap om lokalt betingade variationer i fråga om fröproduktionsförmågan hos granen, bjuder dock försiktigheten, att vi anser den här registrerade relativt goda besåningen som ett verk av tillfälligheter. Av tabellen kan då utläsas, att markberedning under gran insatt utan hänsyn till fröåren knappast kan anses som en säker förnygringsmetod. I de flesta fall kommer man att erhålla ett klart otillräckligt plantuppslag. Markberedning under gran bör endast insättas så, att fröfallet från ett gott granfröår utnyttjas. I klimatiskt karga trakter, där avståndet i tiden är långt mellan sådana år, minskar möjligheterna att i praktiken tillämpa skärmförnygringsmetoden även när man enbart ser till fröproduktionen. Det kan nämligen ej anses lämpligt, att alltför stora markberedningsarealer ackumuleras i väntan på god kottsättning. Detta särskilt som en sådan i dessa trakter inte alltid utgör någon garanti för att det producerade granfröet har något värde.

### Kap. 15. Skärmens avveckling

När förnygringsfasen är till ända, vilket genom skogsskötarens åtgärder helst bör inträffa när skärmen även av produktionsskäl spelat ut sin roll, kommer tiden för skärmens avveckling. Denna kan antingen tänkas ske i en enda operation eller etappvis, varvid inget bör hindra att den successiva utglesningen börjar på ett förhållandevis tidigt stadium. Det sistnämnda tillvägagångssättet får anses mest lämpat för ett skogsbruk där man uppnår bästa

netto genom ett ur ekonomisk synpunkt påpassligt uttag av förhållandevis små virkeskvantiteter. Omedelbar kallläggning bör åter vara den bästa metoden för storskogsbruket, eftersom kravet på en rationell virkesdrivning där är särskilt framträdande.

Ur föryngringsbiologisk synpunkt måste den plötsliga kallläggningens problem tilldra sig det största intresset. De under skärmen växande plantornas livsbetingelser undergår då den mest radikala förändringen. Detta gäller särskilt om skärmen varit tät, något som åtminstone på friska marker visat sig fördelaktigt med hänsyn till plantantalet per fläck. Någon registrering av den avgång hos skärmföryngringen, som kan väntas genom sådana plötsliga miljöförändringar, har ännu ej utförts i någon större utsträckning. Nyligen har emellertid ett antal under observation stående skärmar avverkats, varför kallläggningens följdverkningar snart i detalj skall kunna belysas.

Av erfarenhet vet man emellertid redan (Holmgren och Törngren 1932, Arnborg 1947), att granplantor växande i råhumustäcket har svårt att överleva vid kalhugning. Orsaken härtill torde främst vara, att dessa plantors rotsystem till största delen är lokaliserat till humuslagret, och att deras vattenförsörjning lätt äventyras om markytan blir torrare än vanligt. När det gäller tallplantor växande i humustäcket vet man däremot av erfarenhet, åtminstone vad beträffar torrare skogstyper, att dessa har en ganska god överlevelseförmåga. Tallens rotsystem är också djupare lokaliserat än granens (Kalela 1949).

De plantor som uppkommit i markberedningsfläckar har däremot god kontakt med mineraljorden. Det är därför att vänta, att dessa kommer att visa en bättre överlevelseförmåga än de som växer i humustäcket. Emellertid föreligger som tidigare behandlats (sid. 39) risk för att uppfrysning i nyupptagna, vegetationslösa markberedningsfläckar kan förorsaka en betydande avgång, om plantorna är små och dåligt rotade. Med kännedom om den tid som vanligen åtgår för föryngringens etablering, kan vi dock räkna med att fläckarna vid skärmens avveckling till största delen kommer att vara täckta av vegetation. Någon uppfrysning av betydelse torde därför i de flesta fall knappast vara att vänta. En viss avgång är vidare att vänta genom insektsangrepp, framför allt av snytbaggen (*Hylobius abietis* L.). De praktiska verkningarna härav är ännu ej närmare kända men skall studeras i samarbete med entomologer, så snart lämpliga objekt finnas till hands för detta ändamål.

I Finland har tallunderväxtens reaktion efter frihugning ingående studerats av Vaartaja (1951). Det framgick därvid att plantornas diametertillväxt omedelbart ökade. Höjdtillväxten gick däremot först tillbaka, men redan efter ett par år inträdde en påtaglig reaktion. Ju bättre ståndorten var desto snabbare och kraftigare utvecklade sig plantorna. Från början låga plantbestånd reagerade snabbare än höga. Sedan väl tillväxten kommit igång, förlöpte ut-



Fig. 49. Ungskog, uppkommen genom naturlig föryngring efter markberedning, utförd år 1945 under tät tallskärm. Skärmen avvecklad år 1953. Erikslunds förvaltning, SCA. 430 m. ö. h. Foto 1962. Observera graninblandningen.

Young stand established by natural regeneration under a dense shelterwood stand of Scots pine after scarification in 1945. The shelterwood stand was subsequently removed in 1953. Management unit of Erikslund, Swedish Cellulose Company; altitude 430 m. Picture taken in 1962. The admixture of Norway spruce should be noticed.

vecklingen på samma sätt som i bestånd uppkomna genom skogskultur (jfr fig. 49).

Det förhållandet, att tallplantornas höjdreaktion i genomsnitt kan väntas inträffa ett par år efter skärmens avveckling medför, att de får ett visst försprång före hyggesvegetationen (jfr uppställning sid. 33). Vad gäller tallföryngringar finns tydligen anledning att vänta en rätt god motståndskraft mot de påfrestningar som den plötsliga miljöförändringen efter skärmens avveckling medför. Beträffande gran kan däremot en påtaglig avgång bland plantorna i humustäcket befaras. Den i markberedningsfläckar växande för-



yngringen får däremot väntas klara sig bättre. Granplantornas reaktionsförmåga är dock, vilket f. ö. också framgår av den ovan relaterade finska undersökningen, avsevärt sämre än vad gäller tall. Man kan därför befara att plantorna, om de är små, lätt överflyglas av hyggesvegetationen. Försiktigheten bjuder därför, att man väntar med skärmens avveckling till dess de högsta granplantorna nått en medelhöjd av åtminstone 10 à 20 cm (jfr fig. 31—32).

Föryngringen kan även utsättas för mekaniska skador i samband med skärmens avveckling. Sker avverkningsarbetet på snö, något som är vanligt inom det aktuella området, bör skador förorsakade av trädfällningen och virkets utdrivning bli obetydliga. Däremot måste de skadeverkningar beaktas som det efter skärnträdens upparbetning kvarlämnade hyggesavfallet kan åsamka för yngringen. Där sådant blir liggande i kompakta lager kan man vänta, att plantorna blir kvävda. Täcks dessa åter endast av glest, luftigt avfall, är kvävningsrisken mindre.

Det är tydligen av vikt att veta hur stor del av arealen, som efter en skärmställnings avverkning är täckt av hyggesavfall med olika täthet, och hur stor del som är helt fri härifrån. Av denna anledning har några nyligen avvecklade skärmställningar undersökts i detta avseende. Inventeringen skedde i form av cirkelytaxering med ytor (6,16 m<sup>2</sup>) i kvadratförband. Ett 50-tal ytor utlades på respektive hygge. Inom varje cirkelyta bedömdes den procentuella förekomsten av areal tillhörande nedanstående tre grupper:

- I: Markytan helt fri från hyggesavfall.
- II: Markytan täckt av hyggesavfall i så tunt och glest lager, att plantornas möjlighet att överleva bedömes som god.
- III: Markytan täckt av hyggesavfall i kompakt lager under vilket plantorna kan väntas bli kvävda.

I tab. 15 återges resultatet av undersökningen. Vissa uppgifter om de avverkade skärnträden har också bifogats. Som synes är hyggesavfallets täckningsgrad vanligtvis ringa även i de tätaste skärmarna. Endast i ett fall täcker det kompakta riset mer än 10 procent av arealen. Taxeringen utfördes här förhållandevis nära efter avverkningen. Riset var färskt med barren kvarsittande. Det är därför sannolikt att täckningsgraden överskattats något i detta fall, eftersom riset på våren snabbt torkar och, om det härrör från gran, avbarras.

Även om vi måste räkna med en viss plantavgång genom hyggesavfallet från skärnträden, bör denna dock tydligen bli rätt måttlig, kanske av storleksordningen 10—15 procent. Om skärnträden fällas i olika riktningar, så att riset blir väl fördelat, kommer för yngringen endast att åsamkas en viss, rätt betydeslös småluckighet. Avverkningsmetoder av typen »stränghuggning», där hyggesavfallet anhopas till koncentrerade, sammanhängande ytor, är däremot mindre lämpliga vid avvecklingen av fullföryngrade skärmar.

**Tab. 15. Den procentuella förekomsten av olika täckningsgrader hos hyggesfallet efter nyligen avverkade skärmställningar (jfr text).**  
Occurrence of various degrees of cover of debris after recently felled shelterwood stands, per cent.

Provyta nr Area of investigation No.	Bonitet Site class	Stamantal/ha No. trees per hectare		Medelhöjd, m Mean height, m		Kronförhållande, % Crown ratio, %		Procentuell förekomst av täckningsgrader Occurrence of various degrees of cover, per cent		
		Tall Pine	Gran Spruce	Tall Pine	Gran Spruce	Tall Pine	Gran Spruce	I	II	III
SCA 43	V	0	111	—	16	—	82	80	16	4
SCA 28	IV	12	150	18	18	44	83	83	8	9
SCA 21	III	33	155	23	24	26	73	75	19	6
F 24	III—IV	260	0	22	—	42	—	69	25	6
F 25	III—IV	106	72	22	21	41	72	60	23	17
F 27	IV—V	160	0	19	—	47	—	67	26	7

## V. Skärmställningarnas produktionsförmåga

Utslagsgivande för om skärmföryngringsmetoden bör praktiseras eller ej är framför allt dess kostnadsläge i förhållande till andra alternativ. Den skiljer sig härvidlag från andra metoder därigenom, att man erhåller en viss volyms- och värdeproduktion från skärmträden. I följande avdelning skall försök till beräkningar göras beträffande skärbeståndens produktionsförmåga under varierande förutsättningar. Värdeproduktionens storlek skall också jämföras med det i produktionen bundna mark- och virkeskapitalet.

Av stort intresse är också, att en bild skapas av produktionsförloppet i tiden fr. o. m. skärmhuggningen. Som tidigare utretts sker föryngringens invandring efter markberedning under en ganska kort följd av år. Det är därför angeläget att denna föryngringsåtgärd insättes vid en sådan tidpunkt under skärmperioden, att någon allvarlig konfliktsituation ej uppstår mellan produktions- och föryngringshänsyn. Sedan väl markberedningen skett måste det nämligen anses förmånligt, om uppmärksamheten i första hand kan inriktas på att vårda den nya skogsgenerationen.

Våra möjligheter till en allsidig granskning av skärmarnas tillväxt är dock begränsade. De i huvudundersökningen taxerade objekten har endast varit skärmställda en ganska kort tid, avsevärt kortare än vad som i många fall är önskvärt ur ekonomisk synpunkt. Det från taxeringen härstammande borrhspånsmaterialet är därför främst användbart för studium av skärmträdens reaktion efter friställningen. För att erhålla en uppfattning om den fortsatta diameterutvecklingen har vissa kompletterande undersökningar utförts, vilka dock, framför allt genom brist på lämpliga objekt, ej medger en lika uttömmande analys. Det är därför viktigt att möjligheterna utnyttjas till jämförelser mellan de här framräknade produktionsresultaten och sådana som erhållits vid andra undersökningar.

Värdeproduktionen under skärmstadiet är beroende av från fall till fall starkt varierande förutsättningar, vilka är svåra att generalisera. De skiftande möjligheterna till aptering av specialsortiment tilldrar sig härvid särskilt stort intresse. Även för ett enbart massa- och sågtimmerkonsumerande företag måste det dock vara en stor fördel att på egna marker ha tillgång till grovt, högvärdigt virke, vilket kan användas till att höja genomsnittskvaliteten i sågposterna. Beaktar man en sådan fördel, bör ifrågavarande virke värderas efter speciella normer, om vilka dock kännedomen tyvärr ännu är ringa.

I brist på tillgång till lämpligt observationsmaterial utfördes inga provaptingar vid undersökningarna. Värderingarna av de framräknade produktions-

serierna har därför företagits etappvis, varvid som grundläggande metod systemet med relativa priser utnyttjats. Härvid tas endast hänsyn till beståndets virkesvolym och dimensionsförhållanden. Den värdestegring hos à-priset, som säkerligen sker under skärmperioden, men vars storlek är starkt beroende på lokala avsättningsförhållanden, beröres sedan diskussionsvägen. Författaren har på så sätt sökt underlätta för läsaren att utnyttja resultaten från de grundläggande delarna av beräkningarna i de fall förutsättningarna vad gäller kvalitetsvärdetillväxten avviker från vad som här antagits.

## Kap. 16. Skärmträdens tillväxt efter skärmhuggning

### 16. 1. *Tillväxtreaktionen*

Som tidigare beskrivits insamlades inom varje skärmtrakt tillväxtspån från ett 30-tal provträd. I efterhand har detta material kompletterats med ytterligare borrhningar, något som skall beröras senare.

I följande avsnitt lämnas en redogörelse för den analys, som utförts med hjälp av tillväxtmätningarna. Först måste emellertid en särskild utredning göras beträffande klimatet inom området under den här aktuella tidsperioden med särskild hänsyn till dess betydelse för trädens tillväxt.

#### 16.1.1 Bestämning av årsringsindex.

De oregelbundenheter i årsringsbredd mellan olika år, som vanligtvis kan iakttagas hos skogsträden, betingas framför allt av sommarklimatets växlingar och ger därför uttryck för det enskilda årets egenskap av gott eller dåligt ur denna synpunkt. Vill man analysera de följdverkningar som olika slag av huggningsingrepp har i skogsbestånd genom att studera t. ex. årsringsutvecklingen, måste därför förändringar, som endast har sin grund i klimatiska förhållanden, elimineras (jfr Kolmodin 1935, s. 360). En användbar metodik att angripa detta problem, nämligen genom bestämning av det s. k. »årsringsindex», har utvecklats av Näslund (1942). Senare har ett flertal forskare arbetat med sådana index.

Vi skall här ej närmare gå in på tillvägagångssättet vid bestämningen av årsringsindex, läsaren hänvisas till ovannämnda arbete, utan erinrar oss endast att uttrycket utgör ett approximativt, kvantitativt mått på en viss tillväxtperiods egenskap av god eller dålig i förhållande till medelklimatet under en längre tidsrymd, och att det bäst bestämmes genom studium av årsringsserier från ogallrade bestånd, där alltså några huggningsingrepp ej har stört diameterutvecklingen.

Av ovanstående framgår, att möjligheterna till bestämning av klimatindex

**Tab. 16. Årsvisa klimatindex för vissa delområden inom region II (jfr text).**  
Annual climate indices of certain part areas within region II.

Trädslag Species	Delområde Part area	År. Year																
		1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959
Tall Pine	1	1,17	1,09	1,06	1,11	1,23	1,12	1,17	1,12	0,89	0,90	1,05	0,99	0,87	0,75	0,82	0,83	0,89
	2	1,17	1,10	1,04	1,10	1,17	1,11	1,06	1,08	0,88	0,94	1,11	1,11	0,82	0,76	0,89	0,83	0,89
	3	1,24	1,11	1,06	1,07	1,15	1,18	1,10	1,07	0,92	0,96	1,12	1,11	0,78	0,71	0,83	0,84	0,89
	4	1,07	1,01	1,01	1,07	1,11	1,13	1,09	1,12	0,98	1,01	1,08	1,04	0,81	0,78	0,93	0,83	0,88
	5	1,08	1,04	1,08	1,14	1,13	1,11	1,09	1,06	0,90	0,94	1,04	0,97	0,86	0,82	1,01	0,83	0,88
Gran Spruce	1	0,88	0,83	0,88	0,92	1,16	0,81	0,91	0,97	0,88	0,99	1,30	1,26	1,23	1,03	0,92	0,90	0,94
	2	0,96	0,89	0,80	0,97	1,09	0,90	0,98	0,97	0,86	1,05	1,21	1,24	1,17	1,04	0,93	0,91	0,95
	3	0,94	0,87	0,86	0,99	1,17	0,84	0,93	0,99	0,83	1,03	1,19	1,33	1,15	1,04	0,89	0,90	0,95
	4	0,94	0,90	0,88	1,01	1,16	0,90	0,94	1,00	0,88	1,09	1,14	1,15	1,08	1,01	0,95	0,90	0,95
	5	0,94	0,90	0,88	1,01	1,13	0,99	0,96	1,01	0,93	1,13	1,11	0,98	1,00	0,98	1,07	0,90	0,95

för den ur vår synpunkt intressanta tidsperioden med hjälp av de här insamlade borrhuggningsingreppens måsta vara små. Huggningsingreppen har varit både många och kraftiga i de aktuella bestånden, och tidpunkten för flertalet av dem är ofta svår att bestämma. Något användbart material av borrhuggningsingrepp från ogallrade bestånd finnes ej heller att tillgå från området.

Vid den årliga riksskogstaxeringen insamlas emellertid ett stort antal borrhuggningsingrepp från olika landsdelar. Dessa härrör från bestånd av varierande ålder och beskaffenhet i övrigt. Genom det stora antalet borrhuggningsingrepp blir dock, om tillräckligt stora områden behandlas som enheter, den genomsnittliga beskaffenheten i materialet mycket konstant olika år emellan. Man har därför möjlighet att fastställa de årsskillnader i fråga om radietillväxt som föreligger. Vid taxeringsavdelningen är man för närvarande sysselsatt med sådana beräkningar. En redogörelse för dessa utkommer inom den närmaste tiden. För vårt område föreligger indextal för årsringsbredden från och med år 1932, d. v. s. fullt tillräckligt för denna undersöknings behov. I de flesta fall har det varit tillfyllest att använda en kortare serie fr. o. m. år 1943. Denna återges i tab. 16. Genomsnittsindex för tiden 1944—1958 har satts = 1,00. Fem delområden har särskilts. Område 1 ligger närmast fjällkedjan och område 5 närmast kusten.

Beträffande tall karakteriseras det aktuella tidsskedet av relativt goda växtsomrar fram till år 1950. Härefter var växtklimatet sämre, särskilt efter år 1955. Det sagda gäller samtliga områden. Granen har synbarligen andra krav på klimatet än tallen när det gäller bildningen av årsringarna. Här finner man låga index under huvuddelen av 1940-talet med undantag för år 1947. De bästa åren inföll 1953—1955. Både tall och gran har det gemensamt, att 1958 och 1959 måste betecknas som dåliga växtår.

#### 16.1.2 Några årsringsserier.

Innan vi övergår till att undersöka den genomsnittliga årsringsutvecklingen efter skärnhuggningen och dess beroende av olika faktorer, skall några årsringsserier visas från tallbestånd, där beståndskaraktären under längre tid varit skärmartad. De återfinnas i fig. 50. Tidpunkten för huggningsingreppet har markerats. Årsringsbeloppen är korrigerade för klimatinflytandet.

I fig. 50 a skildras årsringsutvecklingen i ett bestånd på bonitet IV. Åldersstadium: 130—153 år. Ett huggningsingrepp vid 133 års ålder har lett till en snabb reaktion men efter 7 år har denna avstannat vid en årsringsbredd = ca 1,5 mm. Efter ytterligare 10 år har stamantalet genom ett nytt ingrepp reducerats till ca 100 per ha. En ny reaktion uppträder snabbt och efter tre år överskrider årsringsbredden 2 mm.

Av de övriga figurerna framgår på samma sätt, att huggningsingreppet resulterar i en snabbt uppträdande ökning i fråga om radietillväxten. Års-

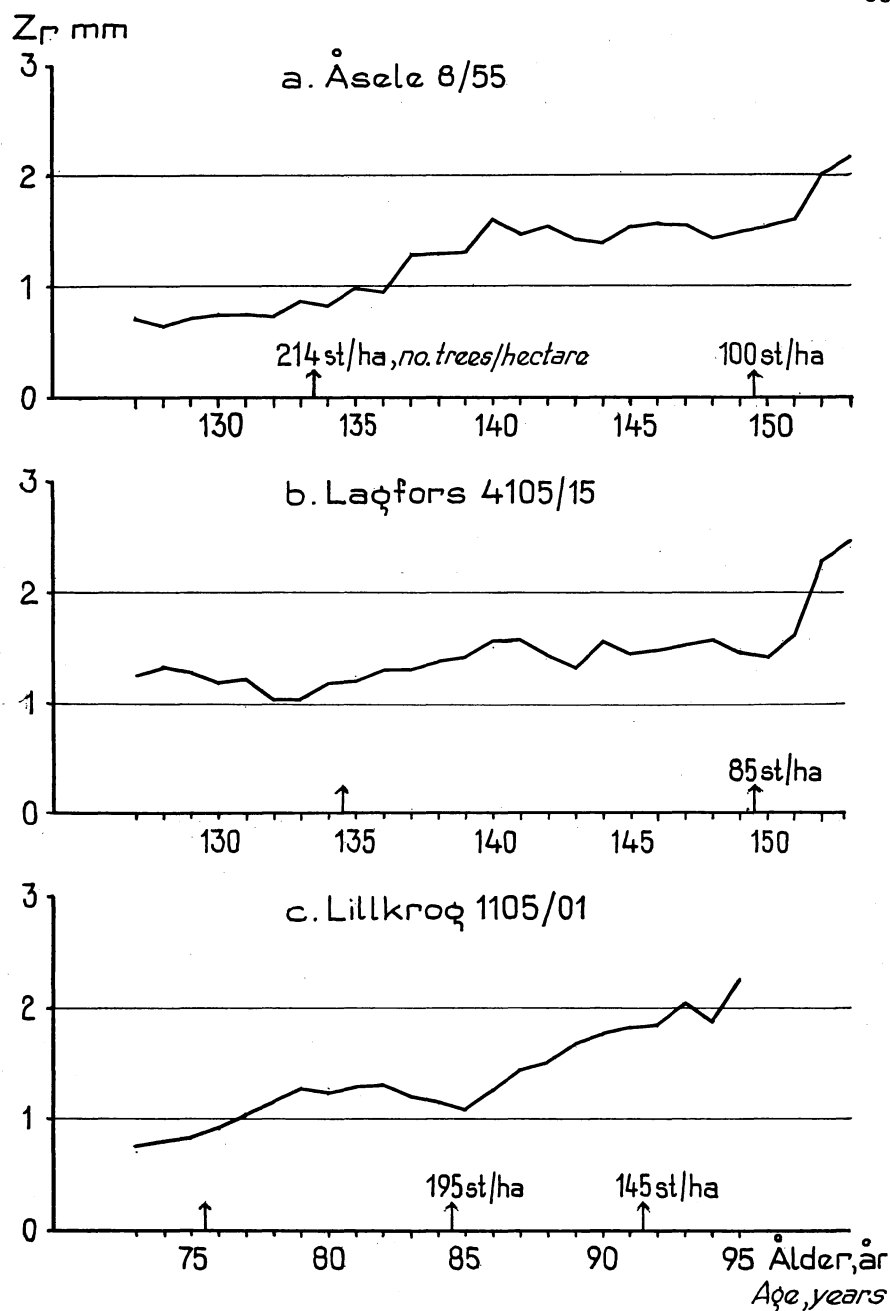


Fig. 50. Årsringsutvecklingen hos tallar som under längre tid varit skärmställda. Pilarna markerar tidpunkten för huggningsingrepp och där så kunnat utredas det kvarvarande stamantalet per hektar. Bonitet: Jonson IV.

Development of the annual rings in Scots pine trees left as shelterwood for considerable time. The arrows mark time of felling operations and no. trees remaining per hectare (when known). Site class: IV (Jonson)

ringsbreddens ökning är ganska rätlinjig. Efter tillväxtreaktionen inträder en period med jämbreda årsringar.

Företas inga vidare huggningsingrepp i skärmbeståndet får man anta, att med tiden en successiv återgång sker i årsringsbredderna, eftersom då åter trängseln ökar genom trädens tillväxt.

Det bör påpekas att årsringsutvecklingarna ovan härrör från de träd, som kvarstod som skärmträd vid undersökningen. Man måste anta, att dessa sedan länge tillhört beståndets ur växtlighetssynpunkt bästa. Genomsnittligt sett bör därför radietillväxten i beståndet under tidigare skeden varit lägre än vad som här visats.

### 16.1.3 Analys av tillväxtspånen.

Inom varje skärm beräknades, de olika trädslagen åtskilda, den genomsnittliga årsringsbredden under vart och ett av åren efter skärmhuggningen. Samtidigt uppmättes den genomsnittliga årsringsbredden under de närmast föregående tio åren (se tab. D, sid. 262). Samtliga årsringsbredder klimatkorregerades. I blandskärmar uteslöts sådana fall där mindre än sex träd av samma trädslag borrats.

Som tidigare nämnts hade i allmänhet blott några få år förflutit från skärmhuggnings- till observationstillfället. Observationerna över radietillväxten ägnar sig därför framför allt till ett studium av trädens reaktion efter skärmhuggningen.

*Tallens reaktion:* Tillväxtreaktionen studerades till en början genom upprepad gruppering av skärmarna på olika leder och grafisk uppläggning av de erhållna genomsnittsserierna på årsringsbredden. Som exempel härpå visas fig. 51 med absoluta, klimatkorregerade tillväxtbelopp. Av figuren framgår att reaktionen genomgående förlöper ganska rätlinjigt, något som de tidigare visade årsringsserierna redan antytt. Redan första året efter skärmhuggningen börjar träden reagera med ökade årsringsbredder. Sedan fortsätter dessa att tillta med ungefär samma belopp årligen åtminstone under 4 à 5 vegetationsperioder. Av bonitetsgrupperingen framgår att tallen på sämre mark reagerar svagare för skärmhuggningsingreppet än på god mark. Stamtätheten och skärmträdens ålder tycks av diagrammen att döma vara av mindre betydelse för reaktionens förlopp. Tillväxtökningen per år är på en och samma bonitet av ungefär likartad storleksordning oberoende av diametertillväxtnivån före skärmhuggningen. Detta innebär att mer snabbväxande skärmträd behåller sitt försprång under de första fyra till fem åren. Skillnader i diametertillväxt före skärmhuggningen olika träd eller trädgrupper emellan, bör i detta sammanhang främst ses som ett utslag för olika genomsnittlig kondition hos träden i grupperna. Träd med god tillväxt redan inne i beståndet bör i så fall ha



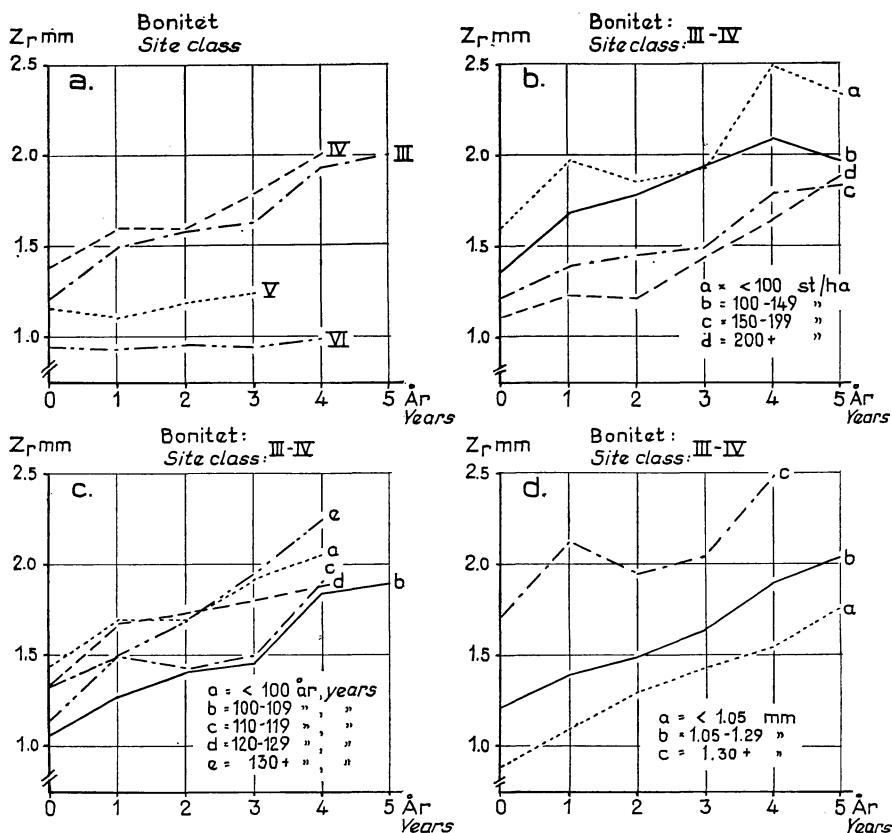


Fig. 51. Åringsutvecklingen hos skärmträd av tall efter skärnhuggningen på olika boniteter (a), vid varierande stamtätheter (b), åldersstadier (c) och genomsnittlig tillväxt under 10 år före friställningen (d).

Development of the annual rings in Scots pine trees left as shelterwood on sites of varying quality (a), at varying density (b), varying age (c) and average increment during ten years before release (d).

bättre möjligheter att snabbt reagera för en friställning än om tillväxten varit dålig.

De visade diagrammen ger dock ingen uttömmande bild av det faktorskomplex som påverkar tillväxtreaktionens förlopp. Samspelet dem emellan granskas bäst genom regressionsanalys. Av de hittills visade reaktionsförloppen framgår, att diametertillväxten de första åren efter skärnhuggningen approximativt bör kunna återges med en rät linje. Vid den regressionsanalytiska bearbetningen användes därför såsom beroende variabel den genomsnittliga årliga tillväxtökningen under de första fyra eller fem åren efter skärnhuggningen ( $R_z$ ). Den genomsnittliga åringsbredden under 10-årsperioden före skärnhuggningen fick därvid ingå i utvecklingsserien som år 0, d. v. s.

radietillväxten hos de kvarlämnade träden före skärnhuggningen. Som resultat av analysen presenteras nedanstående funktion :

$$R_z = -0,8795 + 0,1497 \frac{A}{100} + 0,0228 M + 0,0891 \frac{100}{11 + G} \quad \dots\dots (27)$$

$R_z$  = den genomsnittliga årliga ökningen i radietillväxt i mm under 4 à 5 år efter skärnhuggningen.

$A$  = skärnträdens ålder vid skärnhuggningen.

$M$  = beståndsmedelhöjden i meter vid 100 år enligt Jonsonboniteten.

$G$  = skärnträdens grundyta per hektar i m<sup>2</sup> efter skärnhuggningen.

Genom regressionen har spridningen nedbringats till 51 procent av den ursprungliga. Av variablerna är  $M$  och  $G$  starkt signifikanta. Betydelsen av åldersvariabeln är däremot mindre väl fastslagen. De erhållna sambandsförloppen överensstämmer dock med vad man har anledning vänta sig, åtminstone om man vill vara försiktig i sin bedömning av de äldre skärmarnas reaktionsförmåga. Det har därför ansetts välmotiverat, att behålla variabeln i funktionen.

Vid regressionsanalysen prövades även såsom oberoende variabler den genomsnittliga årsringsbredden före skärnhuggningen, stamantalet per hektar i skärmen samt skärnträdens genomsnittliga brösthöjdsdiameter vid huggningstillfället. Dessa visade sig dock antingen betydelselösa — t. ex.  $Z_r$  före skärnhuggningen — eller också upptas deras effekt av de i den slutgiltiga funktionen ingående variablerna. Grundytan är ju t. ex. en funktion av stamantalet per hektar och trädens diameter.

En viss försiktighet bör iaktas vid funktionens tillämpning i materialets ytterområden. Antalet skärmar är litet vid grundtytor under 4 och över 15 m<sup>2</sup> per hektar. I fråga om åldern ligger materialet huvudsakligen mellan 100 och 160 år. Det huvudsakliga bonitetsintervallet omfattar grupperna III—V.

Som exempel på sambandsförloppen i funktionen visas fig. 52. Härav framgår, att boniteten och grundytan har mycket stor betydelse för reaktionens förlopp. Vid höga grundtytor och låga boniteter blir tillväxtförändringarna negativa. Detta bör tolkas så, att huggningsingreppet då medför en tillväxtminskning under ett antal år. Friställningens ogynnsamma verkningar överväger här tydligen — momentant — över de gynnsamma. Med tiden inträder säkerligen även i dessa fall en tillväxtreaktion. Beståndsåldern utövar endast ett ganska svagt inflytande på reaktionsvilligheten. Åtminstone på goda marker förmår tydligen även mycket gamla träd att reagera påtagligt. Åldern bör i detta sammanhang ses mer som en konditionsmätare än som ett mått på åldersförändringarnas roll. Vid jämförelse t. ex. mellan lika grova, men olikåldriga träd måste ju de äldsta ha stått mera tätt och bör därför ha svårare att reagera för ett skärnhuggningsingrepp. Beträffande boniteten visar funktionen, att

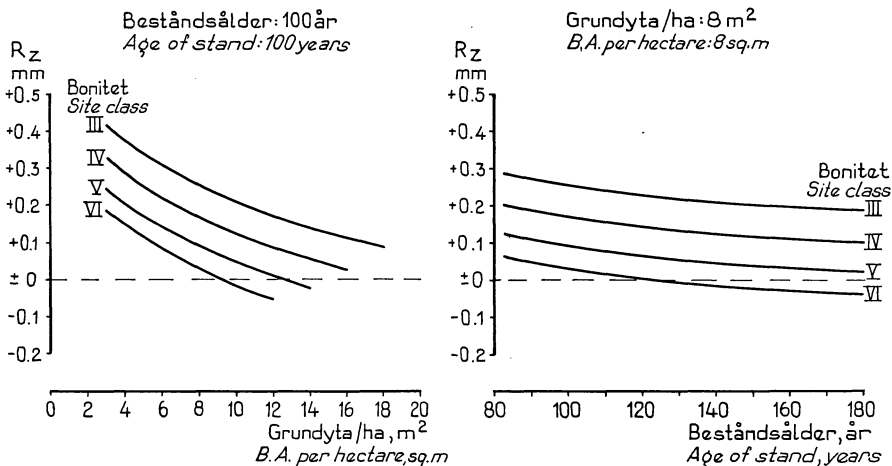


Fig. 52. Vissa partialsamband ur funktion 27 visande den årliga tillväxtökningen hos skärmtred av tall ( $R_z$ ) under 4–5 år efter skärnhuggningen.

Some partial relationships from function 27 showing the annual increase in growth of shelterwood trees of Scots pine ( $R_z$ ) during a 4–5 year period after release.

skärmar på goda marker har en avsevärt kraftigare reaktionsförmåga än sådana, som växer på svaga.

*Granens reaktion:* Utförda provningar av materialet visar, att granens radietillväxt efter skärnhuggningen med fördel studeras i form av relativtal, t. ex. som här med den genomsnittliga årsringsbredden under tio år före skärnhuggningen som bas (1,00). Det bör nämnas att Näslund (1942) vid studier av reaktionsförmågan hos gammal granskog använt ett liknande tillvägagångssätt.

Granen uppvisar nämligen en helt annan bild än tallen i fråga om reaktionsvillighet. Av fig. 53 framgår, att den relativa årsringsbredden ( $Rel. Z_r$ ) så gott som genomgående minskar under de första åren efter huggningsingreppet. En återhämtning börjar ske först efter 2 à 3 vegetationsperioder, men någon ökning i jämförelse med tillväxten före skärnhuggningen inträffar i genomsnitt ej förrän efter 4 à 5 år.

Granska vi diagrammen mer i detalj framgår att boniteten inverkar på så sätt att tillväxtförloppet efter skärnhuggningen är gynnsammast på de goda och sämst på de svaga markerna. Detta stämmer f. ö. väl med Näslunds erfarenheter. I glesa skärmar kommer tillväxtökningen snabbast igång. Trädens åldersstadium har i det aktuella intervallet inget märkbart inflytande på relativa årsringsbredden under 4 à 5 år efter skärnhuggningen. Rent allmänt får man dock, som visats i andra undersökningar (t. ex. Näslund 1942, Eklund 1954), räkna med att den absoluta årsringsbredden sakta sjunker vid ökan-

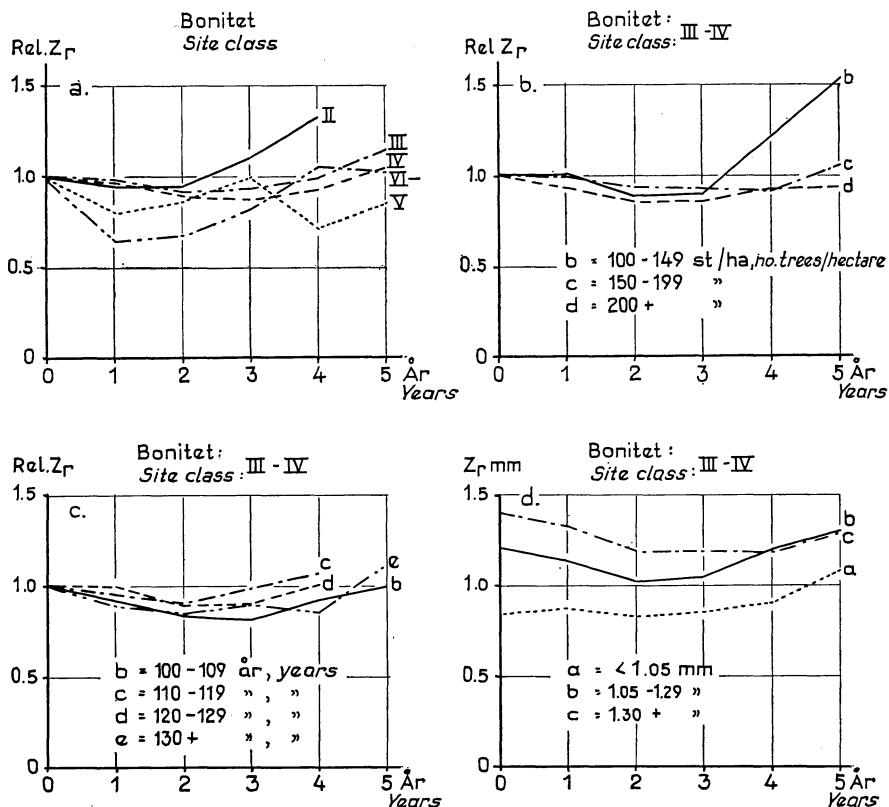


Fig. 53. Årsringsutvecklingen hos skärmtred av gran efter skärnhuggningen på olika boniteter (a), vid varierende skärmtäthet (b) och åldersstadium (c) uttryckt i form av relativt ( $Rel. Z_r$ ) med den genomsnittliga årsringsbredden under 10 år före friställningen som bas (= 1.0). I delfigur d visas den absoluta årsringsbreddens utveckling vid varierende tillväxt före skärnhuggningen.

Development of the annual rings in shelterwood trees of Norway spruce after release on sites of varying quality (a), at varying density (b), and varying age (c) expressed by relative numbers ( $Rel. Z_r$ ) on the basis of the average width of the annual rings during the period 10 years before release (= 1.0). The development of the absolute width of the annual ring at varying growth rate before shelterwood setting is shown in part figure d.

de beståndsalder, det s. k. »åldersavtagandet». En sortering av materialet i grupper med olika årsringsbredd före skärnhuggningen visar, att tillväxtförändringarna i absoluta belopp är ganska likartade och oberoende av den tidigare tillväxtnivån. Granen förhåller sig tydligen på samma sätt som tallen i detta avseende. Beträffande den absoluta nivån hos årsringsbredden före skärnhuggningen kan tilläggas, att denna i granskärmar vanligtvis legat på en lägre nivå än i tallskärmar av likartad karaktär. Detta förhållande kan ses som ett utslag för granens i förhållande till tallen av åldern betingade, sämre växtförmåga.

Det är tydligt, att skärnhuggningen för granen medför en försämrade tillväxt

under de första åren efter ingreppet. Härefter, har man skäl anta, bl. a. med ledning av Näslunds undersökningsresultat, inträder en mer påtaglig tillväxtökning av liknande art, som den vi tidigare funnit för tall. Det faktum, att reaktionen blir förskjuten ett icke obetydligt antal år framåt i tiden, måste dock ur ekonomisk synpunkt medföra avsevärda nackdelar. Det är välkänt att granens värdetillväxt är lägre än tallens i det dimensionsstadium det vanligen blir fråga om i skärmar. Har de kvarlämnade träden därför ej förmåga att snabbt reagera genom att öka sin tillväxt är risken stor, att värdeproduktionen kommer att ligga på en alltför låg nivå för att skogsdriften skall bli räntabel. Vi skall senare återkomma till detta.

### 16. 2. Årsringsbreddens kulmination i tallskärmar

Den beskrivna tillväxtreaktionen efter skärmhuggningen får antas fortskrida, till dess träden återigen kommer in i ett jämviktstillstånd vis à vis sina grannar i kampen om markens näringsutbud. Detta kan anses inträffa vid det tillfälle då diametertillväxtökningen upphör, och årsringarna åter blir jämbreda. Har huggningsingreppet varit svagt inträder detta tillstånd snabbt. Står de kvarvarande träden glesare, dröjer det en längre tid innan närbelägna individer mera markant börjar påverka varandra. Är slutligen glesheten extrem, kommer i stället sannolikt markvegetationen och uppväxande ungskog att med tiden verksamt konkurrera om markens näringsutbud med skärmträden. Vid sådan mycket stor gleshet i skärmen kan man dock i dessa trakter vänta sig, att träden under lång tid kommer att beredas maximala tillväxtmöjligheter. Den nivå som diametertillväxten i så fall kommer att kulminera vid får antas betingad av sådana omständigheter som åldersstadiet, boniteten och trädslagets trivsel i sin miljö. Sedan träden väl uppnått sin maximala diametertillväxt är en återgång i årsringsbredderna att vänta. Den snabbhet varmed denna process sker bör betingas av den takt, med vilken produktionsslutenheten ökar.

För en allsidig belysning av tillväxtförloppet hos en skärm efter friställningen fordras därför inte endast kännedom om tillväxtreaktionen, utan också om de maximala genomsnittsvärden som årsringsbredden kan väntas anta, och slutligen av diametertillväxtens förlopp efter denna tidpunkt. På grund av de i primärundersökningen ingående skärmarnas ringa ålder, är möjligheterna små att med hjälp av det från dessa härstammande borrhålsmaterialer belysa de aktuella frågorna. Betraktar vi fig. 50 framgår dock, att man vid tillgång till längre årsringsutvecklingsserier från noggrant uppskattade bestånd har möjlighet att bedöma den maximala nivå som årsringsbredderna antagit sedan tillväxtreaktionen ebbat ut.

För att närmare kunna belysa frågan om årsringsbreddens kulmination i tallskärmar under olika förhållanden, har i efterhand ett särskilt material insam-

lats av observationer över diametertillväxten. Det visade sig därvid svårt, att inom det här aktuella undersökningsområdet införskaffa tillräckligt omfattande observationsdata från äldre skärmar med välkänd beståndshistorik. Av denna anledning utfördes sommaren 1961 på Siljansfors försökspark i Dalarna borrningar i ett antal äldre skärmbestånd, där stamantal och grundyta vid olika tidpunkter kunde rekonstrueras. Försöksparken är visserligen något sydligare belägen än undersökningsområdet, men risken för att av denna anledning erhålla missvisande resultat har bedömts såsom obetydlig.

På grund av materialbristen har studiet av årsringsbreddens kulmination främst begränsats till bonitet IV. I fig. 54 åskådliggörs de värden — dels

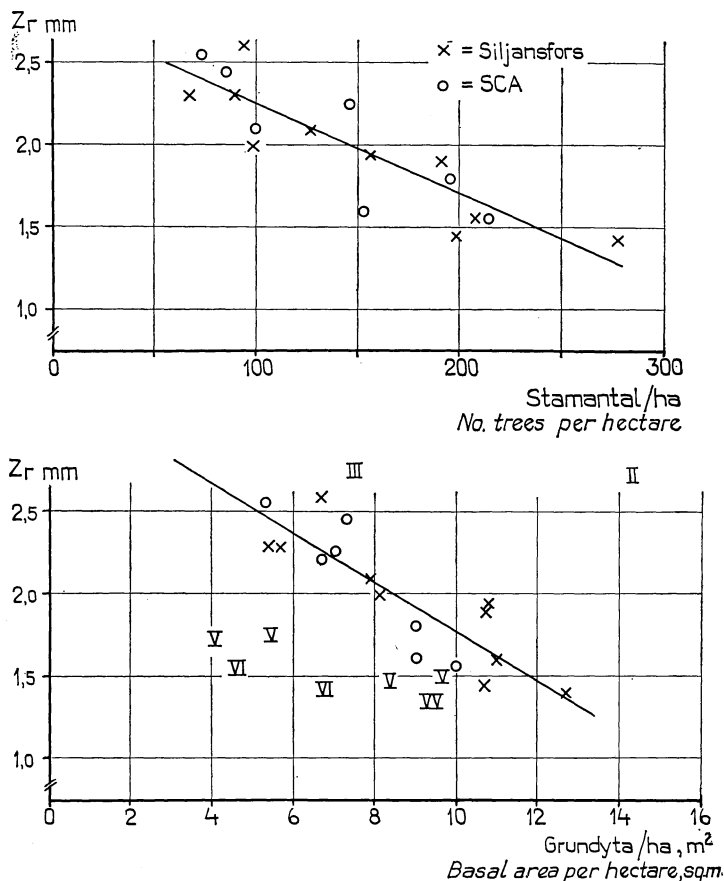


Fig. 54. Årsringsbreddens kulminationsnivå efter skärmhuggningen hos skärmtred av tall på bonitet IV (Jonson) och dess beroende av skärmtätheten. Regressionslinjerna härrör från funktion 28 resp. 29. I den undre delfiguren har även observationer från andra boniteter markerats.

Level of culmination of the width of the annual ring after release of shelterwood trees of Scots pine, site class IV (Jonson), in relation to density of the shelterwood. The regression lines pertain to the functions 28 and 29. Observations for other site classes are marked in the lower part figure.

över stamtäthet, dels över grundyta — som den klimatkorregerade årsringsbredden antagit vid tillväxtkulminationen. Värdena är uträknade som medeltalet av de tre bredaste årsringarna inom kulminationsintervallet. Tidpunkten för kulminationen är naturligtvis beroende av olika omständigheter men inträffar i allmänhet på bonitet IV efter 5—10 år. Det framgår av diagrammen att koordinaterna från Siljansfors- resp. SCA-materialet regellöst blandas. Sambandsförloppen har utjämnats rätlinjigt med hjälp av minsta-kvadratmetoden varvid följande två regressionsfunktioner erhållits:

$$Z_{r\ max} = 2,816 - 0,560 S \dots\dots\dots (28)$$

$$Z_{r\ max} = 3,269 - 0,150 G \dots\dots\dots (29)$$

$S$  = stamantalet per hektar efter skärnhuggningen i 100-tal.

$G$  = grundytan i  $m^2$  per hektar efter skärnhuggningen.

Det måste framhållas, att funktionerna ovan endast är ägnade att ge en schematisk bild av de verkliga förhållandena. Det tillgängliga materialet har sålunda ej räckt för ett studium av tillväxtkulminationen under samtidig inverkan av  $S$  och  $G$ . Det är t. ex. tänkbart, att vid en och samma grundyta ett fåtal grova stammar per hektar ger högre maximal årsringsbredd än ett flertal klena. I materialet är de ingående glesare skärmarna genomsnittligt grövre än de tätare. Skillnaden mellan ytterlighetsfallen uppgår till ca 7 cm. Det är dessutom ganska sannolikt att kulminationsnivån påverkas av skärmträdens åldersstadium.

På de övriga boniteterna är observationsmaterialet tyvärr svagare. Detta gäller särskilt de bättre markerna från vilka endast ett par observationer kunnat erhållas. På bonitet V är som framgår av fig. 54 kulminationsvärdena avsevärt lägre än för bonitet IV. Genomsnittligt ligger de här vid drygt 70 procent av regressionslinjens. Motsvarande värden för bonitet VI ligger som synes ännu lägre.

De sambandsförlopp som erhållits ger anvisningar om att skärmträden även i glest förband har förmåga att påverka varandra när det gäller diameter-tillväxten. Detta tycks vara fallet åtminstone ner till stamtätheter på 60 à 70 träd per hektar och vid grundtytor på 5 à 7  $m^2$ . Vid ökande täthet skärps konkurrensen fortlöpande. De observerade skillnaderna i fråga om diameterökning kan dock till viss del, som senare skall framgå, vara förorsakade av formförändringar.

Beträffande gran saknas tyvärr f. n. möjligheter till en motsvarande behandling av årsringsbreddens kulmination. Vid den tidigare refererade undersökningen av Näslund (1942) kunde dock längre serier framläggas över årsringsutvecklingen efter genomhuggningar i granskog, vilka som senare skall visas kan vara till ledning, när man vill bedöma granskärmarnas diameter-

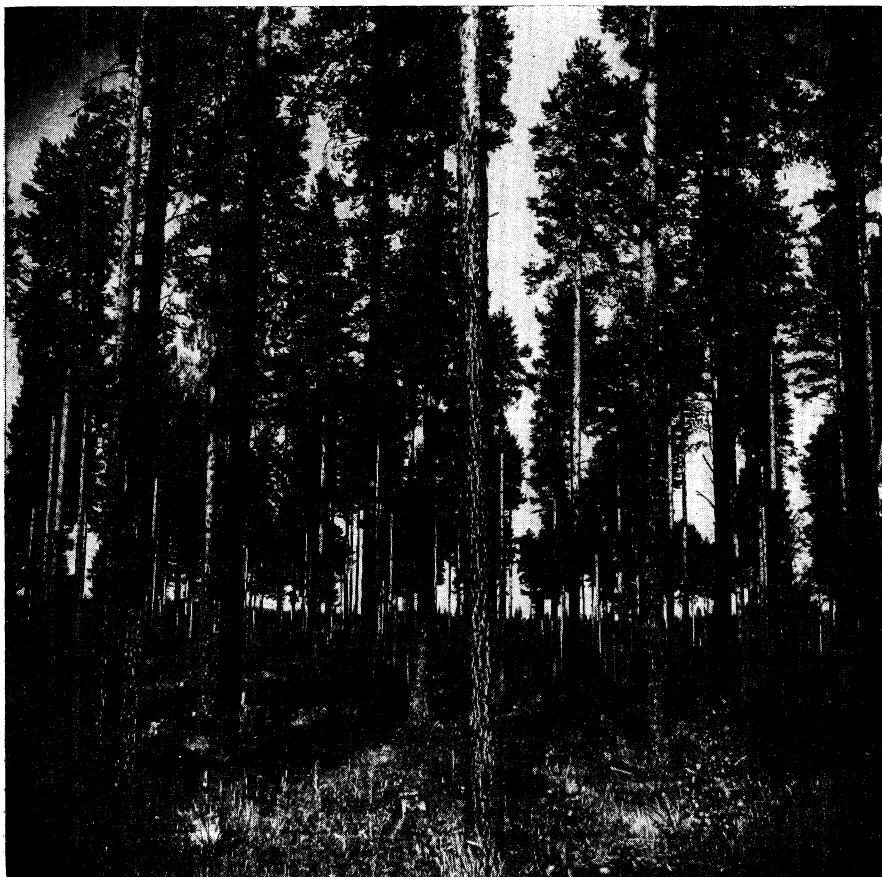


Fig. 55. Tät, ännu ej markberedd tallskärm i växtligt stadium. Frisk blåbärsristyp.  
 Site not yet scarified in a dense shelterwood stand of a vigorous type. Fresh forest site with blueberry shrub.

utveckling på längre sikt. I den serie fasta skärmprovytor, som utlagts av skogsforskningsinstitutet, ingår också ett flertal granskärmar i vilka med tiden liknande tillväxtstudier kommer att kunna utföras.

### 16. 3. *Radietillväxten i kontinuerligt vårdade äldre tallbestånd*

Med hjälp av de framlagda tillväxtfunktionerna har vi tydligen möjlighet att under olika förhållanden bestämma såväl graden av tillväxtreaktion, som — åtminstone på vissa boniteter — årsringsbreddens kulminationsnivå efter ett skärmhuggningsingrepp. Beträffande årsringsutvecklingen efter kulminationen är vår kunskap mindre eftersom årsringsserier i stort sett saknas,



lämpliga för studium av dessa förlopp. Av de som exempel visade årsringsserierna (fig. 50) framgår dock, att radietillväxten efter kulminationen rätt länge ligger på en stabil nivå. I takt med att produktionsslutenheten ökar i skärmen är emellertid en nedgång i de enskilda trädens tillväxt att vänta. Även i de glesaste skärmar kommer årsringsbredden sannolikt att minska genom att uppväxande föryngring och yppig markvegetation med tiden i allt större omfattning kommer att konkurrera om näringen. Är skärmen stamrikare får man anta, att med tiden en sådan täthet uppstår att ett gallringsingrepp kan vara på sin plats. Beträffande radietillväxten i sådana mera produktionsslutna bestånden av typen tät skärmställning — timmerställning finnas observationer att tillgå. En del av skogsforskningsinstitutets fasta gallringsförsök har nämligen denna beståndskaraktär. I fig. 56 visas en sammanställning av den ge-

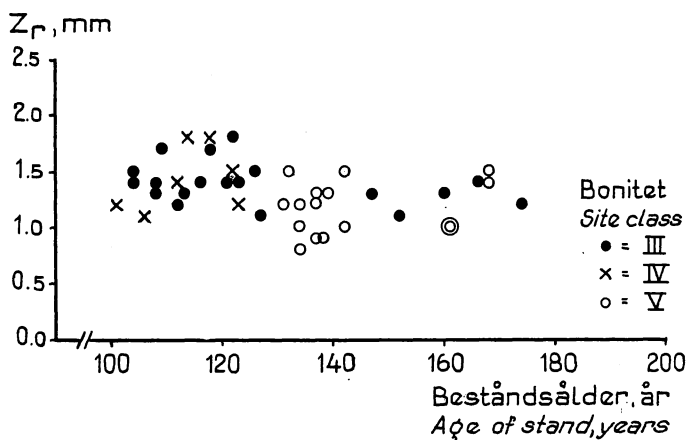


Fig. 56. Observationer över den genomsnittliga radietillväxten i kontinuerligt vårdade, äldre tallbestånd av typen timmerställning—tät skärmställning (jfr text).

Average radial growth recorded in continuously managed, old pine stands of an intermediate type between pre-harvest release and dense shelterwood.

nomsnittliga radietillväxten inom de av dessa ytor som är belägna i mellersta och södra Norrland. Bestånden har sedan lång tid gallrats kontinuerligt. Som riktvärden på den genomsnittliga grundytan mellan gallringarna kan följande värden anges:

Bonitet	III: 21 m <sup>2</sup> per hektar
Site class	sq.m per hectare
»	IV : 18 » » »
»	V : 15 » » »

Som synes skiljer sig på detta åldersstadium de olika boniteterna ej märkbart åt ifråga om radietillväxt. Detta måste sammanhänga med att bestånds-

tätheten hela tiden hållits på en som man ansett för boniteten passande nivå. Ett svagt åldersinflytande i form av avtagande radietillväxt kan spåras. Årsringsbredderna ligger dock ovan 130 år rätt stabilt och på en genomsnittsnivå av ca 1,25 mm. En viss del av spridningen i diagrammet är att hänföra därpå, att någon klimatkorrigerings ej utförts av de här uppmätta tillväxterna. De ingående tillväxtperioderna ligger nämligen utspridda i tiden över ett ganska vidsträckt intervall.

#### 16. 4. Skärmträdens höjdtillväxt

Vid sina undersökningar i gammal granskog fann Näslund (1942), att höjdtillväxtökningen efter en genomhuggning var obetydlig eller ofta t. o. m. obefintlig. När en reaktion kunde spåras inträffade den först 10—15 år efter huggningsingreppet. Det är därför knappast att vänta, att de här undersökta granskärmarna skall ha hunnit reagera vad höjdtillväxten beträffar. Tallen

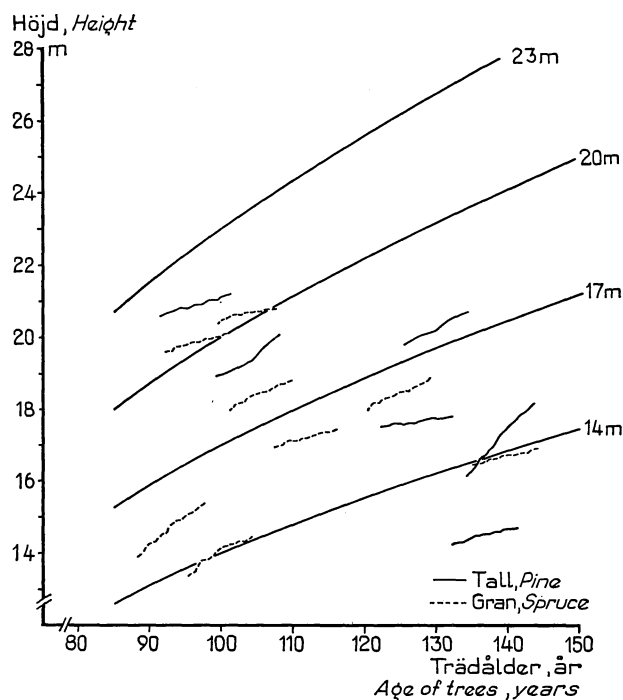


Fig. 57. Höjdtillväxten hos skärmträd av tall och gran samt den övre höjdens utveckling hos tall på olika  $h_{100}$ -boniteter enligt Lundqvist (1957).

Height increment of shelterwood trees of Scots pine and Norway spruce and the development of the dominant height of Scots pine on sites of various  $h_{100}$ -values according to Lundqvist (1957).

kan eventuellt förmodas vara något mer reaktionsvillig än granen. Höjddökningen är emellertid mycket låg i det aktuella åldersstadiet och höjdtillväxtprocenten uppgår vanligtvis endast till några få tiondelar. Betydelsen av en höjdtillväxtreaktion måste därför vara liten. Av denna anledning har några mer omfattande undersökningar ej ansetts värda att utföra. På prov uttogs dock slumpmässigt under sommarens lopp ett mindre antal provträd vilka fälldes. På dessa uppmättes de tio sista årens toppskott.

I fig. 57 åskådliggöres resultatet av mätningarna. Eftersom skärmträden måste anses tillhöra beståndets bästa, har som jämförelse i diagrammen inlagts den övre höjdens utveckling för tall på olika  $h_{100}$ -boniteter enligt Lundqvist (1957), vilken inom det aktuella åldersintervallet med god approximation även kan användas för gran. Som synes ansluter sig de observerade trädens höjdtutveckling rätt väl till Lundqvists förlopp. Jämförelser har också gjorts med beståndsmedelhöjdens utveckling för nordsvensk tall enligt Jonson (SOU 1932: 26, s. 228). Det visade sig då att de här mätta träden i genomsnitt vuxit något snabbare.

## Kap. 17. Konstruktion av produktionsserier för tallskärmar

### 17. 1. Utgångsläget

Med den kännedom om tillväxten i tallskärmar efter friställningen, som vi skaffat oss i det föregående, bör något så när realistiska beräkningar kunna utföras över produktionsförloppen i skärmbestånd under varierande förutsättningar. När vi börjar detta arbete måste emellertid vårt första steg bli att studera sådana egenskaper hos de nyställda skärmarna som diameter- och höjdfördelning, barktjocklek och kronförhållande (jfr tab. D).

#### 17.1.1 Diameterfördelningen.

Det är känt från tidigare undersökningar, att fördelningen för stammarna i ett bestånd kring den aritmetiska medeldiametern ( $M$ ) ofta kan åskådliggöras med hjälp av normalfördelningsfunktionen:

$$y = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-M)^2}{2\sigma^2}} \dots\dots\dots (30)$$

där  $y$  betecknar relativa frekvensen stammar tillhörande ett litet diameterintervall kring  $x$ . Standardavvikelsen för den enskilda stammens diameter =  $\sigma$ . Det ligger därför nära till hands att undersöka om så också är fallet i skärmställningar.

I samtliga undersökta skärmar med minst 40 mätta träd av endera trädslaget

prickades därför diametrarna i 5-centimetersklasser. Frekvensen stammar uträknades klassvis. Dessutom beräknades standardavvikelsen kring medeldiametern. I varje skärm uträknades sedan med ledning av standardavvikelsen och normalfördelningsfunktionen ovan den teoretiska frekvensen träd i de olika diameterklasserna. Skillnaden mellan den uppmätta och den beräknade frekvensen kunde sedan erhållas. De genomsnittliga avvikelserna framgår av nedanstående uppställning:

Differensen uppmätta — beräknade frekvenser (procent) Difference between recorded and computed frequencies (per cent)							
	$M-15$	$M-10$	$M-5$	$M$	$M+5$	$M+10$	$M+15$
Tall .....	- 0,4	+ 0,4	+ 0,8	- 1,4	+ 0,1	+ 0,8	- 0,1
Pine							
Gran .....	+ 0,5	- 1,3	+ 3,0	- 1,1	- 1,1	+ 0,7	$\pm 0$
Spruce							

Denna är upprättad på så sätt att  $M$  = den diameterklass till vilken medeldiametern hör,  $M+5$  = den närmast högre diameterklassen o. s. v. Som synes är de uppmätta avvikelserna i genomsnitt ytterst små och betydelselösa såväl beträffande tall som gran.

De erhållna värdena på standardavvikelsen kring medeldiametern ligger både beträffande tall och gran på en ganska jämn nivå. Delar man sålunda upp tallskärmarna i sådana med en medeldiameter klenare resp. grövre än 30 cm, erhålles en genomsnittlig standardavvikelse i den klenare gruppen på 5,28 och i den grövre gruppen på 5,31 cm. Förfares på samma sätt med granskärmarna, som dock är genomsnittligt klenare, varför 25 cm här passar bättre såsom gräns, erhålles den genomsnittliga standardavvikelsen i den klenare gruppen till 5,11 cm och i den grövre gruppen 5,88 cm. Den större genomsnittliga spridningen i den senare gruppen beror på markant höga värden i några få granskärmar på god mark. Medräknas ej dessa, sjunker värdet i denna grupp till 4,90 cm. De enskilda skärmarnas standardavvikelser ligger rätt nära fördelade kring dessa medelvärden. Inom intervallet 4,5—6,5 cm ligger 78 procent av tall- och 74 procent av granskärmarna.

Det förhållandet, att standardavvikelsen till sin storlek ej nämnvärt påverkas av medeldiametern, innebär att diameterspridningen visat sig vara större i skärmar med klena träd än i sådana med grova.

#### 17.1.2 Barktjockleken.

I fig. 58 åskådliggöres det samband mellan brösthöjdsdiameter och dubbel barktjocklek, som erhållits genom en enkel genomsnittsberäkning för varje

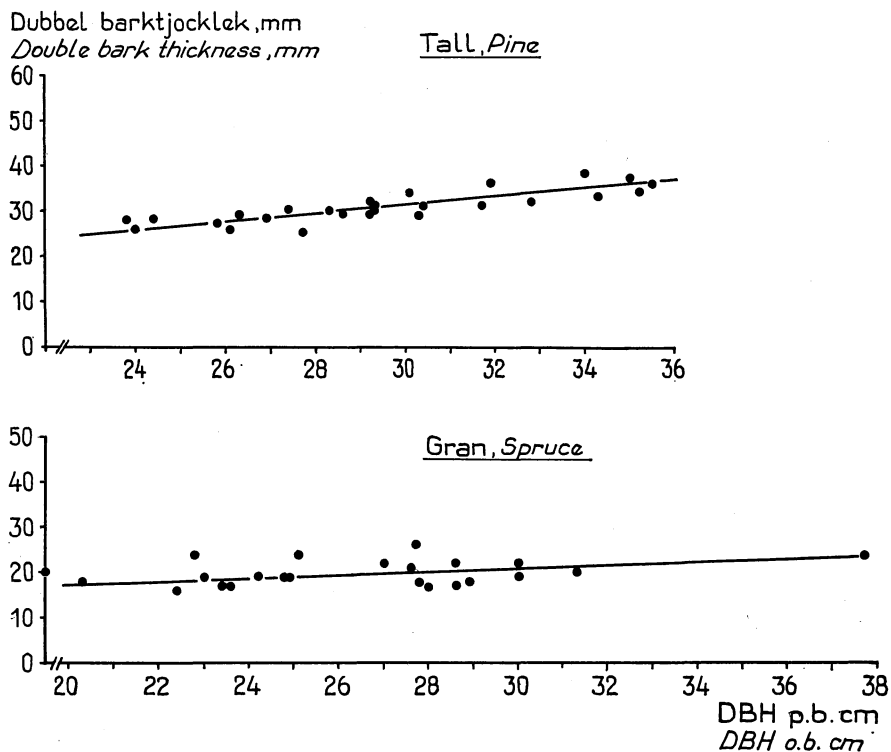


Fig. 58. Sambandet mellan den genomsnittliga brösthöjdsdiametern hos skärmträden och den genomsnittliga barktjockleken.

Relationship between the average DBH and the average bark thickness of shelterwood trees.

skärmställning. De erhållna sambanden överensstämmer mycket väl med de erfarenhetsserier som publicerats för riksskogstaxeringens region II, till vilken undersökningsområdet hör. De har därför i extrapolerad form ansetts användbara vid det följande, diameterklassvisa kuberingsarbetet.

### 17.1.3 Sambandet mellan diameter och höjd.

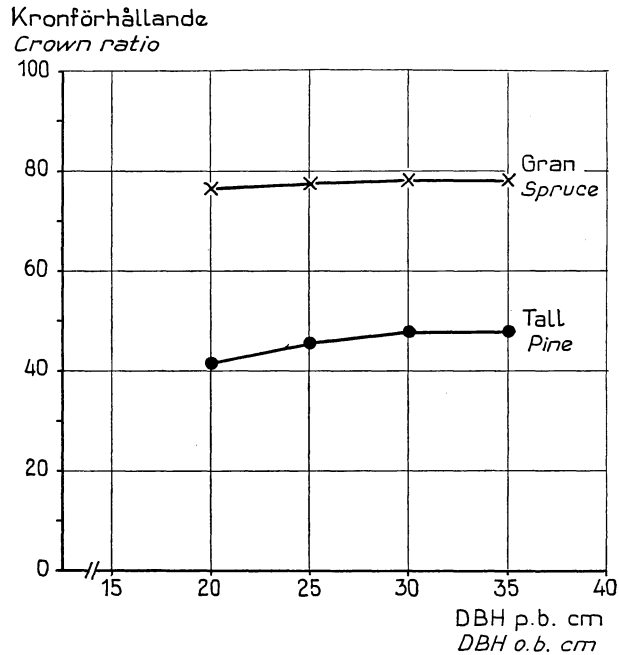
En grafisk utjämning företogs av höjden över diametern för varje enskild skärm. De sålunda erhållna höjdkurvorna samlades trädslagssvis och vidare bonitetsvis. Inom varje grupp ritades en genomsnittskurva. Mätvärden, som erhållits genom grafisk avläsning över vissa diametrar från dessa kurvor, återges i tab. 17. Ålders- och därmed diameterförhållandena varierar något de olika grupperna emellan. Detta är huvudorsaken till de påtagligt små skillnader i kurvförlopp mellan t. ex. tall, bonitet IV och V. I det åldersstadium som skärmarna befinner sig, sker ju tillväxten framför allt på diametern och endast i mindre grad på höjden.

**Tab. 17. Skärmträdens genomsnittliga höjd i olika diameterklasser, m.**  
Mean height of the shelterwood trees in various diameter classes, m.

Trädslag Species	Bonitet Site class	DBH cm								
		12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5
Tall										
Pine	III	10,4	13,9	17,2	19,9	22,0	23,7	25,0	25,9	26,5
»	IV	11,2	14,2	16,9	19,2	21,1	22,5	23,6	24,4	24,8
»	V	12,7	14,3	16,6	18,5	20,2	21,8	23,0	24,1	24,9
»	VI	9,9	11,7	13,2	14,7	16,0	17,2	18,2	18,9	19,5
Gran										
Spruce	II	10,7	14,5	18,0	21,3	24,2	26,4	27,6		
»	III	11,5	15,2	18,4	21,5	24,1	25,9	26,8		
»	IV	11,1	14,1	16,9	19,6	22,0	23,9	25,2		
»	V	7,0	11,5	14,8	16,9	18,4	19,5	20,5		
»	VI	8,5	11,6	13,7	15,0	16,1	17,0	17,7		

#### 17.1.4 Kronförhållandet.

Sambandet mellan brösthöjdsdiameter och krongräns utjämnades skärnvis på samma sätt som beskrivits beträffande trädhöjden. På varje sådan grafiskt erhållen höjdkurva avlästes krongränsen vid 20, 25, 30 och 35 cm DBH. På



**Fig. 59.** Det genomsnittliga kronförhållandet hos i undersökningen ingående skärmträd av olika diameter.

Average crown ratio of shelterwood trees at varying DBH.

kurvorna över trädhöjden gjordes en samtidig avläsning. På så sätt kunde det genomsnittliga kronförhållandet vid respektive diameter uträknas. En sammanställning av resultaten visar ett svagt sjunkande kronförhållande med minskande brösthöjdsdiameter (fig. 59). Detta är naturligt med tanke på de relativt sett kärvare konkurrensförhållanden, som klenare träds kronor utsatts för, då beståndet var mera slutet. Emellertid tillhörde även då dessa träd beståndets bästa, och skillnaderna i kronförhållande är också mycket små. Jämför man t. ex. 20- och 35-centimetersträden, är differensen knappt 2 procent för gran och ca 5 procent för tall.

### *17. 2. Om betydelsen av formförändringar hos skärmträden efter frihuggningen*

I bestånd skyddar träden varandra för vindens sidotryck. Vid en genomhuggning minskar detta skydd, varför påkänningar på de kvarvarande individerna ökar. Dessa reagerar då genom att undergå ur stabilitetssynpunkt ändamålsenliga formförändringar (jfr. Jacobs 1954). Den diametertillväxt som man kan uppmäta i brösthöjd återspeglar med andra ord inte på samma sätt som tidigare trädets totala tillväxt (jfr. Eklund 1942).

Näslund (1936) har visat hur trädens formtal förändras med åldern, något som bl. a. sannolikt beror på den med tiden ökande glesheten i de undersökta bestånden. I de kuberingsfunktioner, som han utarbetat (1940, 1947), kan ett uttryck för formen — formtalet — beräknas med kännedom om trädhöjden, diametern, barktjockleken och krongränsen. Vid kuberingen av träden behöver emellertid ej formtalet användas, då inflytandet av detta, som således också är avhängigt av åldern, i kuberingsfunktionerna upptas av de med denna sammanhängande diameter- och höjdförändringarna.

Ovanstående gör det klart att en uppskattning av volymen med hjälp av kuberingsfunktioner endast kan väntas ge riktiga resultat, så länge de kuberade bestånden i täthetshänseende någorlunda överensstämmer med dem som undersökts vid funktionernas utarbetande. Blir träden mer extremt friställda, kan man vänta sig formförändringar utöver det normala. Observationer över sådana har i Sverige utförts av bl. a. Fahlcrantz (1901), Nyblom (1927), Petrini (1936) och N. Hagberg (1942). I äldre tider var uppfattningarna delade om friställningens inverkan på formen, men såväl Fahlcrantz som Petrini och Hagberg har i äldre bestånd registrerat formförsämringar. Petrinis undersökning omfattar friställda kanträd av gran, Hagbergs såväl tall som gran i fröträdsställningar och skärmställningar. De på granen av båda sist-

nämnda författare funna formförändringarna överensstämmer till sin storleksordning med varandra. Enligt Hagberg följer även tallen samma regler. Grans formförsämring synes dock något mer accentuerad. Den av åldern normalt betingade formförsämringen bör enligt Hagberg ej sammanblandas med den som förorsakas av en ovanligt stark friställning. I genomsnitt höll sig den senare vid 0,02—0,03 formkvotsenheter enligt Jonson (basdiametern = DBH) och skedde successivt under de första 10 åren. Härefter avstannade i allmänhet formförsämringen.

Tas endast hänsyn till radieökningen i brösthöjd, föreligger tydligen vid jämförelse mellan skärmar av olika täthet risk för att massatillväxten i de glesare överskattas. Att döma av de ovan refererade undersökningsresultaten kan befaras, att de glesaste skärmarna efter omkring 10 år undergått en ytterligare försämring av sin form med 0,02—0,03 formkvotsenheter i jämförelse med sådana skärmar som mer har karaktären av slutna bestånd. Det har tidigare visats, att stormfällningsrisken minskar om stamtätheten uppgår till 200 per hektar eller mer. Detta kan tas som ett tecken på, att påfrestningarna på de enskilda träden åtminstone fr. o. m. denna stamtäthet är mera måttliga.

Vi tänker oss nu, att vi i en gles skärm kuberar träden med hjälp av Näslunds »större funktioner» (1940) efter 0, 4, 8, 12 och 16 år. Den uppmätta volymen bör vara korrekt år 0, men kan däremot befaras överskattad vid de senare tillfällena. Eftersom Näslund ej arbetat med formkvoten som formbegrepp är det svårt, att med hjälp av hans kuberingsfunktioner erhålla en uppfattning om överskattningens storlek. Jonson (1929) har emellertid publicerat massatabeller, där ingång kan ske efter formklassen. Volymskillnaderna mellan träd, som endast skiljer sig åt beträffande formklassen, kan därför åskådliggöras med hjälp av dessa tabeller. Granskar man grafiskt trädvolymen över formklassen enligt Jonson går det lätt att avläsa den formkvot som erhålles om det aktuella trädet kuberar med hjälp av Näslunds funktion. Tillvägagångssättet åskådliggöres i fig. 60. Här har grundytamedelstammen i en skärmställning kuberats dels på olika formklassnivåer med hjälp av Jonsons tabeller och vid de tidpunkter som angivits ovan, dels enligt Näslund.

Vid användning av Näslunds kuberingsfunktion erhålles som synes i detta fall en successiv formförsämring, så att efter 16 år en nedgång med omkring 0,01 kvotenhet ägt rum. Anses det nu att formen i verkligheten på grund av stor gleshet efter 10 år gått ned med 0,03 enheter utöver det normala, kan man få ett mått på volymskillnaden genom att jämföra de okorrigerade trädvolymerna med dem som erhålles vid den brutna linjens skärningspunkt med volymkurvorna. I ett kommande avsnitt skall den värdemässiga betydelsen av dessa formförsämringar behandlas. Som utgångsobjekt måste vi emellertid då ha tillväxtserier framräknade utan hänsynstagande till extrema formändringar hos träden.



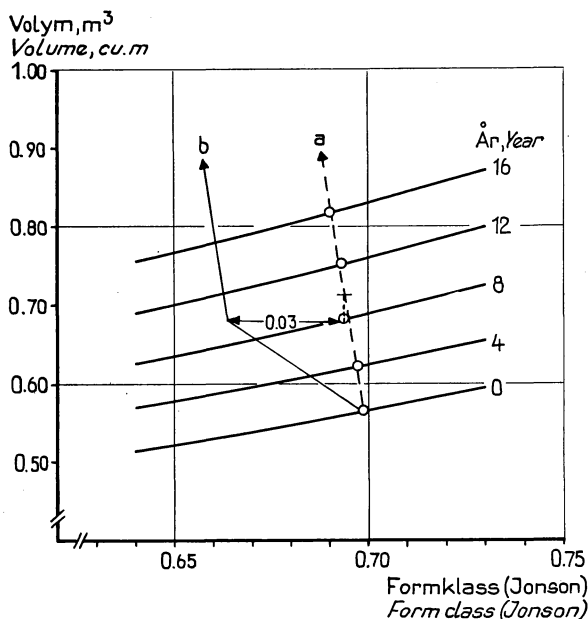


Fig. 60. Formkvotens förändring hos ett skärmtred under tillväxt vid kubering med funktioner enligt Näslund (1940) (linje a) och vid en antagen övernormal formförsämring (linje b). Principfigur, se text.

Change in the form quotient of a shelterwood tree during growth recorded by functions developed by Näslund (1940) (line a) and when an excessive form quotient decrease has been assumed (line b). Principle outline, cf. text.

### 17. 3. Produktionsberäkningarna

I följande avsnitt skall beräkningar utföras över massa- och värdetillväxten i skärmar på olika boniteter, i olika åldersstadier o. s. v. Detta möjliggöres dels genom vår kännedom om de egenskaper som i det föregående visat sig känneteckna de undersökta skärmarna, dels genom våra möjligheter att förutsäga diameter- och höjdtillväxten efter skärnhuggningen under olika förhållanden. Det är ur många synpunkter av största betydelse att tallskärmar behandlas. Kännedomen om tillväxten i dessa är också avsevärt mycket bättre än i granskärmar, något som framgått av den tidigare redogörelsen. Tillväxtserier för gran måste än så länge grunda sig på spekulationer. Frågan om granskärmens ekonomi skall därför endast beröras resonemangsvis i ett särskilt kapitel.

\*

Vid beräkningarna tillämpades följande regler:

A. Olika mått valdes på genomsnittsdiametern hos de kvarställda skärmtredet omedelbart efter huggningstillfället. Härtill användes centimetervärden, som motsvarar jämna tumtal. Detta för att underlätta en anknytning till

den klassindelning av bestånd, som f. n. vanligen tillämpas i praktiken. Diametrarnas fördelning i 5 cm:s diameterklasser bestämdes sedan med hjälp av normalfördelningsfunktionen (30). Standardavvikelsen kring den aritmetiska medeldiametern åsattes i samtliga fall värdet 5,30 cm.

B. Den trädhöjd som svarar mot aritmetiska medeldiametern erhöles genom avläsning vid den aktuella åldern på de bonitetsvisa höjdkurvor som enligt Jonson (SOU 1932: 26) uttrycker beståndsmedelhöjdens utveckling över åldern. Då emellertid skärpträden får antas tillhöra beståndets övre kronskikt uppkorrigerades medeldiameterträdets höjd med 1 m. För att erhålla genomsnittshöjden i de andra diameterklasserna avlästes dessutom medeldiameterns höjd på de erfarenhetskurvor som tidigare återgivits (tab. 17). En korrigering företogs sedan så, att de diameterklassvisa trädhöjderna kom att skilja sig åt med samma belopp som i tab. 17.

C. Kronförhållandet har genomgående antagits vara 0,47, d. v. s. krongränsen ligger vid 53 procent av trädhöjden.

D. Det har tidigare visats, att radietillväxten hos träden i de glesare skärmarna före friställningen varit genomsnittligt högre än i de tätare. Olikheter förekommer också de olika bonitets- och åldersgrupperna emellan. För att ej mer än nödvändigt öka räknearbetet med alternativ härvidlag, användes dock i det följande nära nog genomgående årsringsbredden 1,10 mm, som norm för tillväxten omedelbart före skärmhuggningen.

E. Radietillväxten efter skärmhuggningen anses, som tidigare behandlats, karakteriserad av en reaktionsperiod, en tillväxtkulmination och en därpå följande period av mer eller mindre långsam tillbakagång hos årsringsbredderna. Tidigare har funktioner och erfarenhetstal presenterats för beräkning av de värden som årsringsbredderna kan väntas anta under olika förutsättningar. Vid tillväxtberäkningarna har årsringsutvecklingen beskrivits på följande schematiska sätt:

Under reaktionsperioden efter skärmhuggningen erhålles årsringsutvecklingen med hjälp av funktion (27). Reaktionsperiodens längd bestämmes på så sätt, att årsringsbredderna successivt får öka enligt en aritmetisk serie till dess den enligt boniteten maximala årsringsbredden nåtts (funktion 29). Efter vissa överväganden antogs härvid kulminationsvärdet för bonitet III uppgå till 125 procent av funktionsvärdet, som gäller bonitet IV. På bonitet V och VI antogs den maximala årsringsbredden stanna vid 75 resp. 60 procent av funktionsvärdet (jfr fig. 54).

Med kännedom om grundytamedelstammens diameter vid skärmhuggningen (tidpunkt  $a$ ), den årliga tillväxtökningen enligt funktionen och reaktionsperiodens längd, kan den nya medeldiametern vid tillväxtkulminationen (tidpunkt

b) lätt beräknas med hjälp av serielagarna. Det antas nu att den följande utvecklingen av årsringsbredden fr. o. m. tidpunkten *b* kan beskrivas med en fallande, aritmetisk serie på så sätt, att årsringsbredden 1,25 mm uppnås när skärmens grundyta antar de värden som angivits på sid. 165. På bonitet VI antas motsvarande förhållande inträda vid en grundyta av 13 m<sup>2</sup> per hektar. Med ledning av stamantalet per hektar i skärmen kan grundytamedelstammens diameter lätt beräknas vid den tidpunkt, *c*, då dessa grundytvärden uppnås. Genom att åter använda serielagarna kan med kännedom om årsringsbredden vid tidpunkterna *b* och *c* samt trädens radietillväxt mellan dessa, den aktuella tillbakagångsperiodens längd beräknas.

Det kan väntas att årsringsnivån vid tidpunkten *c* i glesa skärmar ligger på en något annan nivå än vad som framgår av institutets fasta försöksytor. Då det emellertid i de glesa skärmalternativen dröjer mycket länge, innan dessa grundytor nås (40—90 år), och den tidsperiod som i första hand är av intresse är avsevärt mycket kortare, spelar det i vårt fall mycket liten roll mot exakt vilken årsringsbredd tillväxten i mycket glesa skärmar tenderar. Den ovan beskrivna årsringsutvecklingen gäller också endast om träden hela tiden står fria och opåverkade av t. ex. uppväxande ungskog. Det är även tänkbart, att annan ymnig markvegetation kan konkurrera med glest stående träd om näringsutbudet, så att dessas tillväxt med tiden minskar. Vissa äldre undersökningar (Fahlcrantz 1901) tyder på detta. Då vi emellertid endast är intresserade av diameterutvecklingen under en ganska kort tidrymd bör de ovan påtalade osäkerhetsmomenten ej tillmätas en alltför stor betydelse.

Det har också antagits, att den tillväxt som gäller för grundytamedelstammen i skärmen även kännetecknar alla andra förekommande diameterklasser. Tillvägagångssättet innebär en viss förenkling av verkligheten men någon möjlighet att i denna undersökning utreda, vilka skillnader i tillväxt som förekommer mellan olika grova träd, och hur dessa olikheter påverkar beståndsutvecklingen, har ej förelegat. Eftersträvar man vid skärmhuggningen att träden ställas i jämnt förband, kommer de större att stå relativt sett trängre än de mindre. Det är därför ej givet, att de senare uppvisar svagare tillväxt än de förra, något som man vanligen får räkna med vid reguljär gallring i slutna bestånd.

Med ledning av grundytamedelstammens radietillväxt beräknades skärmens diametersammansättning vid tidpunkterna 0, 4, 8, 12 och 16 år efter skärmhuggningen.

F. Vid arbetet med tillväxtserierna har det ansetts, att trädens årliga höjdtillväxt sammanfaller med Lundqvists höjdtvecklingsserier för övre höjden och att några skillnader av betydelse ej föreligger de olika diameterklasserna emellan.

**Tab. 18. Produktionsserier för tallskärmar. Utgångsläget enligt nedanstående uppställning. Serier med litt. b korrigerade för övernormal formförändring, se text.**

Yield series for shelterwood stands of Scots pine. Status at outset according to the following compilation. Series with "b" are adjusted for excessive change in stem form, cf. text.

Utgångsläget år 0: Outset in year 0:						
Prod. serie nr Yield series No.	Bonitet (Jonson) Site class (Jonson)	Trädålder år Age of trees, years	Medeldiameter Mean diameter		Stamantal per hektar No. trees per hectare	Z, mm
			Tum Inches	Cm		
01	IV	120	10	25,5	180	I,I
02	IV	120	11	27,9	250	I,I
03	IV	120	11	28,0	180	I,I
04	IV	120	11	27,9	100	I,I
05	IV	120	11	28,2	50	I,I
06	IV	120	12	30,6	180	I,I
07	IV	120	13	33,1	180	I,I
08	IV	170	11	28,0	180	I,I
09	IV	100	11	28,0	180	I,I
10	IV	120	12	30,4	100	I,I
11	IV	120	13	32,9	100	I,I
12	V	120	10	25,5	180	I,I
13	V	120	11	28,0	180	I,I
14	V	120	12	30,6	180	I,I
15	V	120	10	25,4	100	I,I
16	V	120	11	27,9	100	I,I
17	V	120	11	28,2	50	I,I
18	VI	120	10	25,4	100	I,I
19	III	120	12	30,5	250	I,I
20	III	120	12	30,6	180	I,I
21	III	120	13	33,0	180	I,I
22	III	120	12	30,4	100	I,I
23	IV	120	11	28,0	180	0,8

I tab. 18 återfinnas de framräknade produktionsserierna samt en sammanställning av de olika utgångslägen som valts för dessa. Alla kuberingar har skett diameterklassvis på bark med hjälp av Näslunds s. k. »större funktioner» (1940). Bestånden har också värderats, varvid den av E. Hagberg och M. Malmgård utvecklade metoden med s. k. »relativa priser» (SOU 1949: 60, s. 220, Fries 1958) använts. Härvid utgår man ifrån det approximativa, empiriskt funna förhållandet, att virkesvärdet per m<sup>3</sup>sk företer en rätlinjig ökning från diametern för minsta avsättningsbara träddimension (i detta fall 7,5 cm DBH) upp till 20 cm DBH och därifrån, likaledes rätlinjigt, via 30 cm DBH till 40 cm DBH, där prisökningen slutar. Det bör anmärkas, att priscurvan i skärmstadiet kan tänkas ha en något annorlunda form än vad gäller mer ordinära bestånd, t. ex. så att à-priset även över 40 cm DBH företer en viss ökning. I ett särskilt avsnitt skall några exempel framläggas för att belysa, hur det ekonomiska resultatet påverkas om grova, värdefulla specialsortiment apteras.

Prod. serie nr	Ant. år eft. skh.	Aritm. medeldiam. cm	Aritm. medelhøj m	Grunddyta per ha p. b. m <sup>2</sup>	Volym p. b. Volume o. b.			Nettovärde Net value					
					per ha m <sup>3</sup>	årl. löp. tillväxt m <sup>3</sup>	tillväxt- procent	q = 0,4		q = 0,6		q = 0,8	
								per ha kr	tillväxt- procent	per ha kr	tillväxt- procent	per ha kr	tillväxt- procent
Yield series No.	No. years after shelter- wood setting	Arith. mean diam. cm	Arith. mean height m	B.A. o. b. per ha m <sup>2</sup>	per ha m <sup>3</sup>	periodic annual growth m <sup>3</sup>	increment percentage	per ha kr	increment percentage	per ha kr	increment percentage	per ha kr	increment percentage
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
01	0	25,5	20,5	9,6	96	1,8	1,9	86	3,2	90	2,8	92	2,5
	4	26,6	20,9	10,4	106	2,8	2,6	101	4,5	102	3,9	104	3,3
	8	28,0	21,3	11,5	119	3,3	2,8	123	4,7	121	4,1	120	3,7
	12	29,4	21,7	12,7	133	3,5	2,6	147	4,1	142	3,6	139	3,2
	16	30,7	22,1	13,8	147	3,5	2,4	171	3,5	162	3,2	155	2,6
02	0	27,9	20,7	15,9	160	2,9	1,8	164	3,0	163	2,6	161	2,3
	4	28,8	21,1	16,9	173	3,4	2,0	185	3,1	181	2,8	177	2,4
	8	29,8	21,5	18,1	187	3,6	2,0	210	3,2	202	2,8	195	2,4
	12	30,8	21,9	19,2	202	3,8	1,9	239	2,9	227	2,6	215	2,3
	16	31,7	22,3	20,5	218	4,0	1,8	266	2,5	250	2,2	234	1,9
03	0	28,0	20,7	11,5	116	2,1	1,8	118	3,0	117	2,6	116	2,3
	4	29,0	21,1	12,3	127	2,8	2,2	136	3,6	133	3,2	129	2,7
	8	30,2	21,5	13,4	138	3,1	2,2	158	3,8	151	3,2	144	2,8
	12	31,4	21,9	14,4	152	3,3	2,2	183	3,4	172	3,1	162	2,7
	16	32,5	22,3	15,5	165	3,3	2,0	208	2,9	193	2,6	179	2,3
04	0	27,9	20,7	6,4	64	1,2	1,8	65	3,0	65	2,6	64	2,3
	4	29,1	21,1	6,9	70	2,0	2,9	76	4,9	74	4,2	72	3,6
	8	30,9	21,5	7,8	80	2,5	3,2	95	5,1	90	4,5	85	3,9
	12	32,7	21,9	8,6	91	2,6	2,9	115	4,5	107	4,1	99	3,6
	16	34,4	22,3	9,5	101	2,7	2,6	136	3,8	125	3,5	113	3,2
04 b	0	27,9	20,7	6,4	64	1,2	1,8	65	3,0	65	2,6	64	2,3
	4	29,1	21,1	6,9	70	1,8	2,6	75	4,6	74	3,9	71	3,4
	8	30,9	21,5	7,8	78	2,2	2,9	93	4,8	88	4,2	83	3,7
	12	32,7	21,9	8,6	88	2,5	2,8	112	4,4	104	4,0	96	3,5
	16	34,4	22,3	9,5	98	2,6	2,6	132	3,8	121	3,5	110	3,2
05	0	28,2	20,8	3,2	33	0,6	1,8	34	3,0	34	2,6	33	2,3
	4	29,7	21,2	3,6	36	1,2	3,3	40	5,6	39	4,9	38	4,1
	8	31,9	21,6	4,2	42	1,6	3,6	52	5,7	49	5,1	46	4,5
	12	34,0	22,0	4,6	49	1,6	3,3	64	4,9	59	4,7	54	4,1
	16	36,2	22,4	5,2	56	1,7	3,1	78	4,4	71	4,0	63	3,6
05 b	0	28,2	20,8	3,2	33	0,6	1,8	34	3,0	34	2,6	33	2,3
	4	29,7	21,2	3,6	36	1,0	2,8	40	5,0	38	4,4	37	3,7
	8	31,9	21,6	4,2	41	1,3	3,2	50	5,4	47	4,7	44	4,1
	12	34,0	22,0	4,6	46	1,5	3,2	61	4,8	56	4,6	51	3,9
	16	36,2	22,4	5,2	53	1,6	3,1	74	4,4	67	4,0	60	3,6
06	0	30,6	20,7	13,6	137	2,4	1,7	158	2,6	151	2,4	144	2,1
	4	31,5	21,1	14,4	147	2,7	1,8	176	2,8	167	2,6	157	2,3
	8	32,5	21,5	15,3	158	3,0	1,9	199	2,9	185	2,6	172	2,2
	12	33,5	21,9	16,3	170	3,1	1,8	222	2,6	205	2,4	188	2,1
	16	34,5	22,3	17,2	183	3,3	1,8	245	2,4	225	2,2	204	2,0

Tab. 18. forts. Text, se sid. 176.  
Text, see p. 176.

Prod.serie nr	Ant. år eft. skh.	Aritm. medeldiam. cm	Aritm. medelhöjd m	Grundyta per ha p. b. m <sup>2</sup>	Volym p. b. Volume o.b.			Nettovärde Net value					
					per ha m <sup>3</sup>	årl. löp. tillväxt m <sup>3</sup>	tillväxt- procent	q = 0,4		q = 0,6		q = 0,8	
								per ha kr	tillväxt- procent	per ha kr	tillväxt- procent	per ha kr	tillväxt- procent
Yield series No.	No. years after shelter- wood setting	Arith. mean diam. cm	Arith. mean height m	B.A. o.b. per ha m <sup>2</sup>	per ha m <sup>3</sup>	periodic annual growth m <sup>3</sup>	increment percentage	per ha kr	increment percentage	per ha kr	increment percentage	per ha kr	increment percentage
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
07	0	33,1	20,8	15,9	159	2,6	1,7	202	2,5	188	2,2	173	2,0
	4	34,0	21,2	16,7	170	3,0	1,8	224	2,6	206	2,3	188	2,1
	8	35,0	21,6	17,7	182	3,2	1,8	249	2,6	227	2,4	205	2,1
	12	36,0	22,0	18,7	196	3,3	1,7	275	2,3	249	2,2	222	2,0
	16	37,0	22,4	19,7	210	3,4	1,6	301	2,2	270	2,0	240	1,9
08	0	28,0	21,7	11,5	120	2,2	1,8	123	3,0	122	2,6	121	2,3
	4	28,9	22,0	12,2	129	2,6	2,0	138	3,4	135	3,0	132	2,5
	8	30,1	22,3	13,2	141	3,1	2,2	161	3,5	154	3,1	148	2,6
	12	31,2	22,7	14,2	154	3,1	2,0	183	3,1	173	2,8	164	2,5
	16	32,3	23,0	15,1	166	3,0	1,8	206	2,8	193	2,5	180	2,3
09	0	28,0	19,4	11,5	110	2,0	1,8	112	3,0	111	2,6	110	2,3
	4	29,1	19,8	12,4	120	2,7	2,3	130	3,7	127	3,2	123	2,8
	8	30,3	20,3	13,4	132	2,9	2,2	150	3,5	144	3,1	138	2,7
	12	31,5	20,7	14,5	143	3,1	2,2	172	3,3	163	3,0	153	2,6
	16	32,6	21,2	15,5	156	3,2	2,0	196	2,9	183	2,7	170	2,4
10	0	30,4	20,7	7,5	75	1,3	1,7	86	2,6	82	2,4	78	2,1
	4	31,6	21,1	8,1	82	2,1	2,6	98	4,1	93	3,6	87	3,2
	8	33,2	21,5	8,9	92	2,6	2,8	118	4,2	109	3,8	100	3,4
	12	34,9	21,9	9,8	102	2,6	2,6	138	3,8	126	3,6	114	3,1
	16	36,5	22,3	10,7	113	2,6	2,3	160	3,4	145	3,2	129	2,8
10 b	0	30,4	20,7	7,5	75	1,3	1,7	86	2,6	82	2,4	78	2,1
	4	31,6	21,1	8,1	81	1,9	2,4	97	3,8	92	3,4	86	2,9
	8	33,2	21,5	8,9	90	2,3	2,5	115	4,0	107	3,5	98	3,2
	12	34,9	21,9	9,8	99	2,4	2,4	134	3,7	122	3,4	111	3,0
	16	36,5	22,3	10,7	109	2,6	2,3	155	3,4	140	3,2	125	2,8
11	0	32,9	20,8	8,7	87	1,5	1,7	111	2,5	103	2,2	95	2,0
	4	34,0	21,2	9,3	95	2,1	2,2	125	3,5	115	3,1	105	2,7
	8	35,5	21,6	10,1	104	2,6	2,5	146	3,5	131	3,3	118	2,9
	12	37,1	22,0	11,1	116	2,5	2,2	166	3,0	149	2,9	132	2,6
	16	38,5	22,4	11,9	124	2,5	2,0	186	2,7	166	2,6	146	2,5
11 b	0	32,9	20,8	8,7	87	1,5	1,7	111	2,5	103	2,2	95	2,0
	4	34,0	21,2	9,3	94	1,8	2,0	124	3,2	114	2,8	104	2,5
	8	35,5	21,6	10,1	102	2,3	2,2	143	3,3	129	3,0	116	2,6
	12	37,1	22,0	11,1	112	2,3	2,1	161	2,9	144	2,8	128	2,5
	16	38,5	22,4	11,9	121	2,4	2,0	180	2,7	161	2,6	142	2,5
12	0	25,5	16,5	9,6	80	1,5	1,9	72	3,2	75	2,8	77	2,5
	4	26,5	16,8	10,4	88	1,8	2,1	84	3,6	85	3,1	86	2,6
	8	27,5	17,1	11,1	96	2,1	2,2	96	3,5	96	3,0	95	2,6
	12	28,5	17,5	11,9	104	2,2	2,2	110	3,4	108	3,0	106	2,7
	16	29,6	17,8	12,8	114	2,3	2,0	126	3,2	122	2,8	118	2,4

Tab. 18. forts. Text, se sid. 176.  
Text, see p. 176.

Prod.serie nr	Ant. år efl. skh.	Aritm. medeldiam. cm	Aritm. medelhöjd m	Grundyta per ha p. b. m <sup>2</sup>	Volym p. b. Volume o. b.			Nettovärde Net value					
					per ha m <sup>3</sup>	Årl. löp. tillväxt m <sup>3</sup>	tillväxt- procent	q = 0,4		q = 0,6		q = 0,8	
								per ha kr	tillväxt- procent	per ha kr	tillväxt- procent	per ha kr	tillväxt- procent
Yield series No.	No. years after shelter- wood setting	Arith. mean diam. cm	Arith. mean height m	B.A. o.b. per ha m <sup>2</sup>	per ha m <sup>3</sup>	periodic annual growth m <sup>3</sup>	increment percentage	per ha kr	increment percentage	per ha kr	increment percentage	per ha kr	increment percentage
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
13	0	28,0	17,5	11,5	100	1,8	1,8	103	3,0	102	2,6	101	2,3
	4	28,9	17,8	12,2	108	2,1	1,9	116	3,1	113	2,7	110	2,3
	8	29,9	18,1	13,0	117	2,4	2,0	132	3,2	127	2,8	122	2,5
	12	30,9	18,5	13,9	127	2,4	1,9	149	2,8	142	2,5	134	2,2
	16	31,8	18,8	14,7	136	2,4	1,8	166	2,4	155	2,1	145	1,8
14	0	30,6	17,6	13,6	119	2,0	1,7	138	2,6	132	2,4	126	2,1
	4	31,5	17,9	14,4	128	2,2	1,7	154	2,7	145	2,4	136	2,1
	8	32,4	18,2	15,2	137	2,4	1,7	171	2,6	160	2,4	148	2,1
	12	33,3	18,6	16,1	147	2,5	1,7	190	2,4	176	2,3	161	2,0
	16	34,2	18,9	16,9	157	2,5	1,6	208	2,1	191	2,0	174	1,8
15	0	25,4	16,5	5,3	44	0,8	1,9	39	3,6	40	3,2	42	2,8
	4	26,6	16,8	5,8	49	1,3	2,6	46	4,4	47	3,8	48	3,4
	8	28,0	17,1	6,4	54	1,5	2,7	55	4,8	55	4,1	55	3,5
	12	29,5	17,5	7,0	61	1,7	2,8	67	4,5	65	4,0	63	3,2
	16	30,9	17,8	7,6	68	1,7	2,5	79	3,8	76	3,5	71	2,9
15 b	0	25,4	16,5	5,3	44	0,8	1,9	39	3,6	40	3,2	42	2,8
	4	26,6	16,8	5,8	48	1,1	2,3	46	4,2	46	3,6	47	3,1
	8	28,0	17,1	6,4	53	1,3	2,5	54	4,5	54	3,8	54	3,3
	12	29,5	17,5	7,0	59	1,6	2,7	65	4,4	63	3,9	61	3,1
	16	30,9	17,8	7,6	66	1,6	2,5	77	3,8	73	3,5	69	2,9
16	0	27,9	17,4	6,4	55	1,0	1,8	57	3,0	56	2,6	56	2,3
	4	29,0	17,7	6,8	60	1,5	2,5	65	4,0	64	3,5	62	3,0
	8	30,4	18,0	7,5	67	1,7	2,6	78	4,1	74	3,6	71	3,1
	12	31,7	18,4	8,2	74	1,8	2,4	90	3,6	85	3,2	80	2,8
	16	33,0	18,7	8,8	82	1,8	2,2	104	3,0	96	2,7	88	2,5
16 b	0	27,9	17,4	6,4	55	1,0	1,8	57	3,0	56	2,6	56	2,3
	4	29,0	17,7	6,8	60	1,3	2,2	65	3,8	63	3,3	61	2,8
	8	30,4	18,0	7,5	66	1,6	2,4	76	3,8	73	3,3	69	2,9
	12	31,7	18,4	8,2	72	1,6	2,3	88	3,5	82	3,1	77	2,7
	16	33,0	18,7	8,8	79	1,7	2,2	101	3,0	93	2,7	86	2,5
17	0	28,2	17,5	3,2	28	0,5	1,8	30	3,0	29	2,6	29	2,3
	4	29,6	17,8	3,6	32	0,9	2,8	35	4,6	34	4,1	33	3,4
	8	31,2	18,1	4,0	36	1,0	3,0	42	4,5	40	4,0	38	3,5
	12	32,8	18,5	4,4	40	1,1	2,8	50	4,0	47	3,6	43	3,2
	16	34,4	18,8	4,8	45	1,1	2,5	59	3,6	54	3,1	49	2,7
17 b	0	28,2	17,5	3,2	28	0,5	1,8	30	3,0	29	2,6	29	2,3
	4	29,6	17,8	3,6	31	0,7	2,3	34	4,1	33	3,6	32	2,8
	8	31,2	18,1	4,0	34	0,9	2,6	41	4,0	39	3,7	36	3,1
	12	32,8	18,5	4,4	38	1,0	2,7	48	4,0	44	3,4	41	3,1
	16	34,4	18,8	4,8	42	1,1	2,5	56	3,6	51	3,1	46	2,7

Tab. 18. forts. Text, se sid. 176.  
Text, see p. 176.

Prod.serie nr	Antl. år eft. skh.	Aritm. medeldiam. cm	Aritm. medelhöjd m	Grundyta per ha p. b. m <sup>2</sup>	Volym p. b. Volume o.b.			Nettovärde Net value					
					per ha m <sup>3</sup>	Årl. löp. tillväxt m <sup>3</sup>	tillväxt- procent	q = 0,4		q = 0,6		q = 0,8	
								per ha kr	tillväxt- procent	per ha kr	tillväxt- procent	per ha kr	tillväxt- procent
Yield series No.	No. years after shelter- wood setting	Arith. mean diam. cm	Arith. mean height m	B.A. o.b. per ha m <sup>2</sup>	per ha m <sup>3</sup>	periodic annual growth m <sup>3</sup>	increment percentage	per ha kr	increment percentage	per ha kr	increment percentage	per ha kr	increment percentage
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
18	0	25,4	14,4	5,3	39	0,7	1,9	34	3,2	36	2,8	37	2,5
	4	26,4	14,7	5,7	43	1,0	2,4	40	4,1	41	3,4	42	2,8
	8	27,6	15,0	6,2	47	1,2	2,5	47	4,1	47	3,6	46	3,1
	12	28,8	15,2	6,8	52	1,3	2,5	56	4,0	54	3,8	53	3,5
	16	29,9	15,5	7,3	58	1,5	2,6	65	3,8	64	3,7	61	3,5
18 b	0	25,4	14,4	5,3	39	0,7	1,9	34	3,2	36	2,8	37	2,5
	4	26,4	14,7	5,7	42	0,9	2,1	40	3,9	40	3,2	41	2,5
	8	27,6	15,0	6,2	46	1,0	2,2	46	3,8	46	3,3	45	2,8
	12	28,8	15,2	6,8	50	1,2	2,4	54	3,9	53	3,8	52	3,5
	16	29,9	15,5	7,3	56	1,4	2,6	63	3,8	62	3,7	60	3,5
19	0	30,5	24,3	18,8	217	3,7	1,7	250	2,6	239	2,4	228	2,1
	4	31,4	24,7	20,0	233	4,2	1,8	279	2,9	264	2,6	248	2,3
	8	32,4	25,2	21,2	251	4,7	1,9	315	2,9	294	2,6	273	2,2
	12	33,4	25,6	22,5	270	4,8	1,8	351	2,5	324	2,3	297	2,0
	16	34,3	26,1	23,7	289	4,8	1,6	386	2,2	354	2,0	321	1,8
20	0	30,6	24,3	13,6	157	2,7	1,7	182	2,6	174	2,4	165	2,1
	4	31,7	24,7	14,6	171	3,6	2,1	207	3,4	195	3,0	183	2,6
	8	32,9	25,2	15,8	186	4,0	2,1	238	3,2	220	2,9	204	2,6
	12	34,1	25,6	16,8	202	4,0	2,0	268	2,9	246	2,7	224	2,3
	16	35,2	26,1	17,9	218	4,0	1,8	299	2,5	273	2,4	246	2,1
21	0	33,0	24,3	15,9	182	3,0	1,7	232	2,5	215	2,2	198	2,0
	4	33,9	24,7	16,6	193	3,4	1,7	254	2,5	233	2,3	213	2,0
	8	34,9	25,2	17,6	208	3,7	1,8	283	2,6	257	2,4	233	2,1
	12	35,9	25,6	18,6	222	3,6	1,6	312	2,2	282	2,1	252	1,9
	16	36,8	26,1	19,5	237	3,8	1,6	339	1,9	305	1,8	271	1,6
22	0	30,4	24,3	7,5	86	1,5	1,7	98	2,6	94	2,4	90	2,1
	4	31,8	24,7	8,2	95	2,8	3,0	116	4,8	109	4,3	102	3,7
	8	33,8	25,2	9,2	109	3,6	3,3	143	4,9	131	4,5	120	3,9
	12	35,9	25,6	10,4	124	3,8	3,0	172	4,5	156	4,1	140	3,6
	16	37,8	26,1	11,5	139	3,8	2,7	205	3,9	182	3,6	161	3,2
22 b	0	30,4	24,3	7,5	86	1,5	1,7	98	2,6	94	2,4	90	2,1
	4	31,8	24,7	8,2	94	2,6	2,8	115	4,5	108	4,0	101	3,4
	8	33,8	25,2	9,2	107	3,3	3,1	140	4,6	129	4,2	118	3,7
	12	35,9	25,6	10,4	120	3,5	2,9	167	4,4	151	4,0	136	3,5
	16	37,8	26,1	11,5	135	3,7	2,7	199	3,9	177	3,6	156	3,2
23	0	28,0	20,7	11,5	116	1,6	1,4	118	2,2	117	2,0	116	1,8
	4	28,8	21,1	12,2	125	2,4	1,9	133	3,1	130	2,8	127	2,4
	8	29,8	21,5	13,0	135	2,7	2,0	152	3,3	146	2,9	140	2,6
	12	30,9	21,9	14,0	146	3,2	2,2	174	3,5	165	3,0	156	2,7
	16	32,1	22,3	15,0	161	3,4	2,1	200	3,4	186	2,9	174	2,5



Det relativa priset uttryckes genom förhållandet mellan 20- och 30-centimeterträdens pris per m<sup>3</sup>sk ( $P_{20}$  resp.  $P_{30}$ ) och betecknas i fortsättningen  $q$ . Tre nivåer på det relativa priset har använts, nämligen  $q = 0,4$ ;  $0,6$  och  $0,8$ . Det högsta  $q$ -värdet bör tillämpas i fall, där förhållandevis höga netton erhålles på klen virke, t. ex. vid inriktning på massaframställning. Det låga  $q$ -värdet åter bör användas om situationen är den motsatta, så att det grova virket är förhållandevis mer lönsamt att framställa (t. ex. i dåliga avsättningslägen med höga drivningsomkostnader). Prisrelationen  $0,6$  representerar ett mellanläge.

Vid dessa värderingar har någon hänsyn ej tagits till de förändringar hos å-priset för en och samma träddimension, som kan ske genom en successiv kvalitetsförbättring under skärmperioden. Som tidigare antytts (sid. 152) har vi dock i de flesta fall att räkna med en utpräglad sådan effekt. De framräknade beståndsvärdena (liksom värdetillväxtprocenterna) bör därför korrigeras med hänsyn till kvalitetsökningen innan de kan anses realistiska. Vi återkommer här till i ett senare avsnitt.

Med kännedom om skärmbestandets volym och värde per hektar vid olika tidpunkter kan mått erhållas på den årliga, löpande tillväxten. Det har därvid ansetts, att grundytan, volymen och värdet approximativt ökat rätlinjigt mellan observationstillfällena. Den löpande tillväxten år 16 har erhållits efter grafisk extrapolation av utvecklingskurvan för skärmens volym och värde ytterligare två år. De framräknade tillväxtprocenterna motsvarar sammansatt ränta under de närmast belägna fyra åren.

\*

Tidigare har risken för en övernormal formförsämring hos träden i mycket glesa bestånd behandlats. På sätt som förut beskrivits (sid. 172) framräknades därför, beträffande några av de glesare skärmalternativen (50 resp. 100 stammar per hektar) serier där det antagits, att en viss formförsämring skett successivt under de första 10 åren efter friställningen. Vid 50 stammar per hektar antogs en försämring ske med  $0,03$  formkvotsenheter enligt Jonson, vid 100 stammar per hektar ansågs försämringen stanna vid  $0,02$  enheter. I de tätare alternativen räknas ej med någon övernormal formförsämring. Genom dessa beräkningar erhöles följande korrekteringsvärden för beståndets virkesmassa och värde:

Tidpunkt Year	Stamantal per hektar No. trees per hectare	
	50	100
0	1,00	1,00
4	0,98	0,99
8	0,96	0,98
12	0,95	0,97
16	0,95	0,97

Ovanstående tal kan användas för att reducera såväl volym som värde i produktionsserierna ovan. Att det senare är möjligt beror på den använda värderingsmetodens utformning. Som synes innebär ett hänsynstagande till en formförsämring av ovan antagna karaktär utöver det normala, att volym och värde efter 12 år med 3—5 procent understiger vad som erhålles enbart vid kubering med hjälp av de använda funktionerna. Därför har alla glesa skärmalternativ omräknats med hjälp av korrektionsfaktorerna ovan. De sålunda korrigerade serierna återges i tab. 18 med bokstavsbezeichnung *b*. När ej annat säges, anknytes i den följande diskussionen av försiktighets-skäl till de på detta sätt korrigerade glesa skärmserierna. Även vid 180 stammar per hektar kan sannolikt övernormala formförsämringar uppstå. Dessa måste dock till sin storlek vara avsevärt mindre och är sannolikt till sin verkan förhållandevis betydelselösa.

#### 17. 4. Volymproduktionen

##### 17.4.1 Jämförelser med andra undersökningar.

En del av de framräknade produktionsserierna skildrar utvecklingen i så täta skärmar, att man, åtminstone efter någon tid, kan anse dem som rätt väl produktionsslutna bestånd. Vi skall utnyttja dessa till en jämförelse mellan

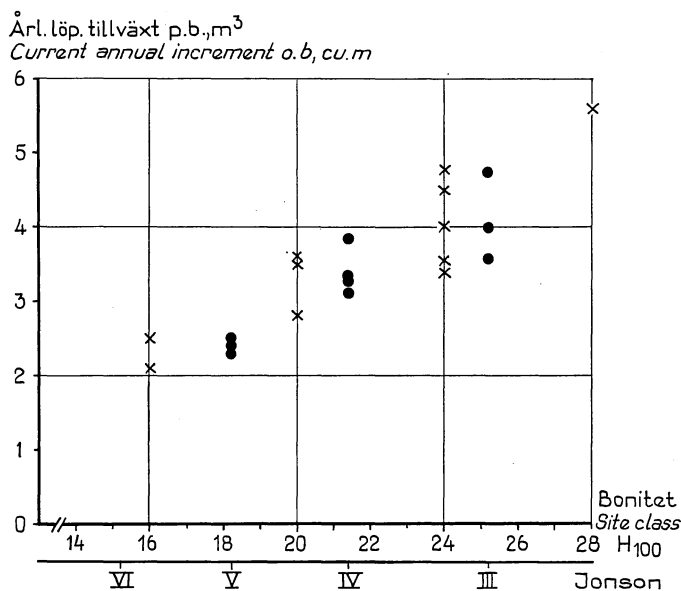


Fig. 61. Jämförelse mellan den beräknade löpande volymtillväxten på olika boniteter i täta tallskärmar, 12 år efter skärmhuggningen (•) och i tallbestånd av likartad täthet och ålder (×) enligt Andersson (1957).

Comparison between the current annual growth in volume of dense shelterwood stands in various site classes 12 years after release (•) and that of Scots pine stands of equal density and age (×) according to Andersson (1957).

den här erhållna volymtillväxten och den som Andersson (1957) erhållit i sina produktionstabeller för tall i Norrland. Av dessa väljer vi endast sådana tabellbestånd, i vilka gallringar bedrivits så, att en med de aktuella skärmarna någorlunda överensstämmande täthet föreligger vid motsvarande åldersstadium.

I fig. 61 åskådliggöres resultatet av jämförelsen, som grupperad över boniteten avser den årliga löpande massatillväxten på bark 12 år efter skärmhuggningen. Beträffande sambandet mellan Jonson-boniteten och  $h_{100}$ -boniteten hänvisas till Petterson (1950 tab. 3). Som synes är överensstämmelsen synnerligen god. Carbonnier (1959) har tidigare påvisat, att en god samstämmighet föreligger mellan produktionen enligt Anderssons tabeller och den uppmätta avkastningen i vissa av skogsforskningsinstitutets gallringsförsök.

Även beträffande de glesa skärmserierna finnas möjligheter till jämförelser med tidigare undersökningar. Sarvas (1949) har sålunda uppmätt volymproduktionen i ett stort antal finska fröträdställningar av varierande täthet. Tillväxten redovisas med materialet uppdelat i skogstypsgrupper och avser

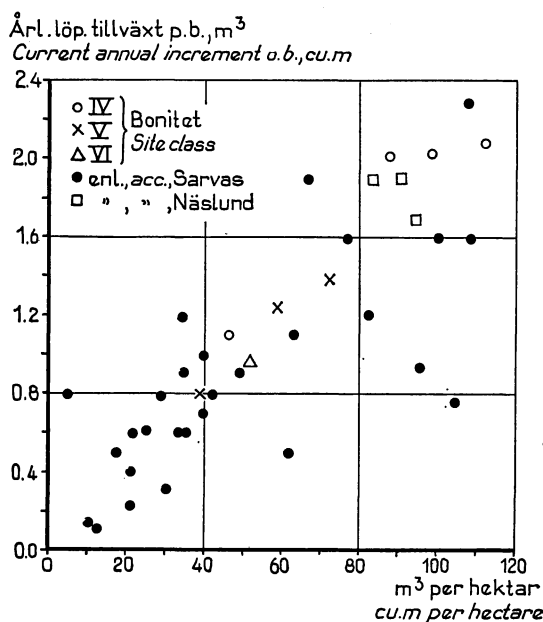


Fig. 62. Jämförelse mellan den beräknade genomsnittliga volymtillväxten i glesa tallskärmar, avsatt över virkesförrådet vid uppskattningsperiodens slut och motsvarande enligt Sarvas (1949) och Näslund (1955). Se text.

Comparison between the computed average growth in volume of open shelterwood stands deposited on the volume at the end of the period of estimate, and the corresponding growth according to Sarvas (1949) and Näslund (1955). Cf. text.



Fig. 63. Relativt gles tallskärm. Frisk lingonristyp.

Relatively open shelterwood stand of Scots pine. Fresh forest site with cowberry shrub.

genomsnittet för tiden från fröträdens ställande till uppskattningstillfället 10—15 år senare. Sarvas utförde tillväxtmätningarna så, att viss hänsyn till formförändringar togs. Även Näslund (1955) har givit exempel på volymproduktionen hos skärmar från Siljansfors försökspark. Avkastningen är redovisad på samma sätt, men uppskattningsperioden är endast 5—8 år. Vid mätningarna togs ej hänsyn till eventuella övernormala formförändringar, men då det rör sig om skärmar, uppkomna ur successivt utglesade bestånd, kan det antas, att processerna i detta fall ej varit särskilt utpräglade.

I fig. 62 visas den i ovanstående undersökningar uppmätta, genomsnittliga volymproduktionen avsatt över virkesförrådet per hektar vid uppskattningsperiodens slut. Dessutom har i figuren infogats produktionsvärden för bonitet IV—VI, framräknade på samma sätt ur de här framlagda skärmserierna. Stamantalet i dessa är 50—100 per hektar och avkastningen avser genomsnittet för perioden 0—12 år efter skärmhuggning. Som synes passar dessa värden mycket väl in i den ursprungliga punktsvärmen.

Av de utförda jämförelserna bör vi kunna dra den slutsatsen, att de här framräknade produktionsserierna, såväl när det gäller glesa som täta skärmalternativ eller marker av varierande produktionsförmåga, tycks ge en tillfredsställande bild av volymtillväxten.

## 17.4.2 Den löpande massaavkastningen.

Den reaktionsperiod som skärmträden genomlever efter skärmhuggningsingreppet, måste liksom varje annat gallringsingrepp medföra, att markens produktionsförmåga momentant ej utnyttjas tillfullo. Är beståndet tätt kan vi dock vänta, att en tillfredsställande produktionsslutenhet efter någon tid

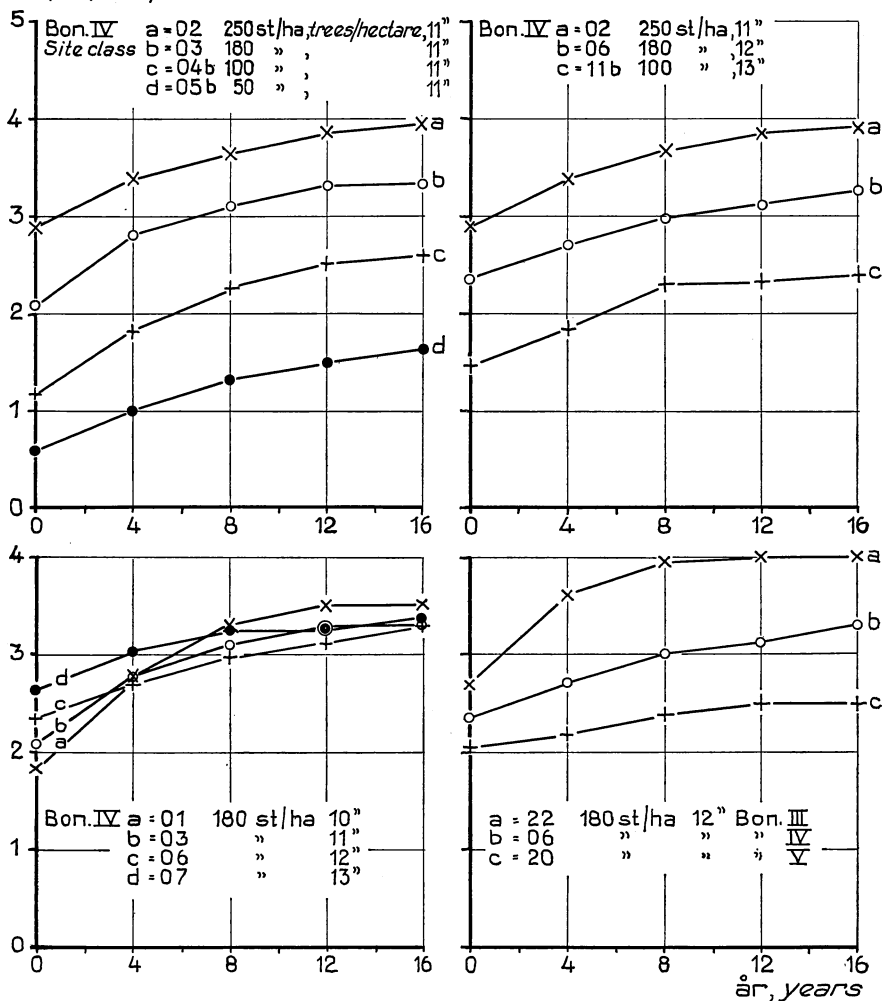
 $m^3/\text{år}, \text{cu.m/annum}$ 


Fig. 64. Den årliga, löpande volymtillväxten vid olika tillfällen efter skärmhuggningen enligt några av de framlagda skärmserierna för tall.

Mean annual growth in volume at various occasions after shelterwood setting according to some of the series presented for Scots pine.

kommer att uppnås. Står träden åter glesare, kommer den samlade arealproduktionen ej att nå upp till den maximala ens när träden växer för fullt. Med hjälp av de framräknade produktionsserierna har vi möjligheter att skaffa oss en viss uppfattning om skillnader i fråga om avkastningsförmåga de olika skärmalternativen emellan. I fig. 64 ges i grafisk form några exempel på den årliga, löpande volymtillväxt, som erhålles vid olika tidpunkter efter skärmhuggningen. För den intresserade är det lätt att ur skärmserierna hämta ytterligare information av samma karaktär. *De data (bonitet, stamantal, medeldiameter m. m.), med vilka skärmarna i det följande karakteriseras, avser såväl i figurer som i tabeller och text tillståndet år 0 (utgångsläget), då ej annat säges.*

Trädtätheten har helt naturligt en mycket stor betydelse för den löpande massaavkastningen. På bonitet IV producerar en skärm med 250 stammar per hektar och 11 tums medeldiameter under 16 år i genomsnitt tre gånger så mycket virke per år och hektar som vid 50 stammar. Även om man tar i betraktande att medeldiametern vid en realistisk jämförelse bör vara högre i de glesare alternativen, är skillnaden nära nog oförändrad. Ett förhållande som i viss mån dock verkar till de glesa skärmarnas favör är, att diameter-tillväxten hos dessa vid en jämförelse som denna redan vid skärmhuggningen bör sättas högre än i de tätare alternativen. Trots detta måste ändå stora skillnader kvarstå. Jämför man t. ex. i fig. 64 serie 02, 06 och 11 b med sina respektive täthetsvärden efter 12 år, och antar att serie 02 ungefär visar, vad man kan vänta sig i en relativt väl sluten timmerställning (grundytan =  $19,2 \text{ m}^2$ ), uppgår produktionen vid 100 stammar per hektar endast till ca 60 procent och vid 180 stammar per hektar till ca 80 procent av timmerställningens.

Vid en och samma skärmtäthet synes utgångsdiametern spela rätt liten roll för arealproduktionen. De klena skärmarna inhämtar ganska snabbt de grövres försprång i fråga om volymtillväxt, och redan efter fyra år är denna mycket likartad dem emellan. I fig. 64 visas slutligen den överlägsna förmågan hos skärmträd på god mark att snabbt öka sin tillväxt.

#### 17.4.3 Sambandet mellan radietillväxten och massatillväxtprocenten.

I de framlagda produktionsserierna för tallskrämar har en mängd exempel på tillväxtprocenten vid olika tidpunkter erhållits. Vid alla dessa tillfällen känner vi också årsringsbredden. Det kan därför vara av intresse att undersöka det samband som kan antas föreligga mellan årsringsbredden och tillväxtprocenten. Så är det t. ex. möjligt, att med hjälp av sådan information bedöma den löpande avkastningen i olika skärmar genom provtagning på årsringsbredden och uppskattning av beståndets medeldiameter, virkesmassa m. m.

Vid våra försök att fastställa dessa samband tas till en början ej hänsyn till, att onormala formförändringar kan uppstå i glesa skärmar.

Inom varje produktionsserie fastställdes årsringsbredden vid var och en av tidpunkterna 4, 8, 12 och 16 år. Härefter uppdelades materialet först efter boniteten och sedan i grupper beroende på den aritmetiska medeldiametern vid observationstillfället:

26,7 — 29,1 cm = 11"

29,2 — 31,7 cm = 12"

31,8 — 34,2 cm = 13"

34,3 — 36,8 cm = 14"

36,9 — 39,4 cm = 15"

Grafiska uppläggningar inom de olika diametergrupperna visar klara och entydiga samband mellan årsringsbredden och massatillväxtprocenten. Någon märkbar skillnad mellan skärbestånd tillhörande olika bonitetsgrupper kan ej upptäckas i något diameterintervall. Som exempel visas ett dylikt sam-

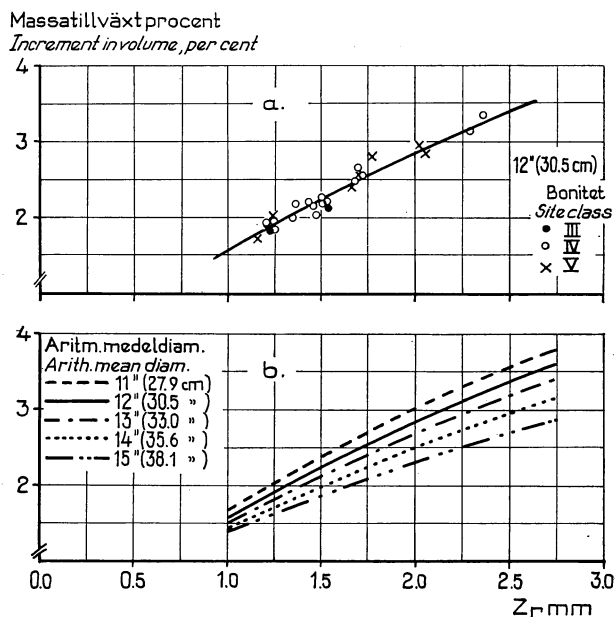


Fig. 65. Sambandet mellan årsringsbredd och massatillväxtprocent i tallskärmar enligt de framlagda skärmserierna.

Relationship between the width of the annual rings and increment in the volume of shelterwood stands of Scots pine according to the series presented.

bandsförlopp i fig. 65 a. Genom att sammanställa de grafiskt utjämnade kurvorna inom var och en av de fem diametergrupperna har fig. 65 b erhållits.

Diagrammet över massatillväxtprocenten är i första hand användbart för tätare skärmar, där någon formförsämring utöver det normala ej är att räkna med. Har vi anledning att vänta en starkare förändring härvidlag, måste en reduktion företas av de avlästa massatillväxtprocenterna. Storleken av denna korrektion står naturligtvis i proportion till formförsämringen, d. v. s. enligt våra förmodanden skärmtätheten, men är även beroende på hur lång tid som förflutit efter skärnhuggningen. Som tidigare behandlats har vi anledning att vänta, att den övernormala formförsämringen har upphört efter cirka 10 år. Av utförda överslagsberäkningar framgår då beträffande de skärmar, där det antagits att formförsämringen efter 10 år utgör 0,02 kvotenheter utöver det normala, att den överskattning som erhålles om ovanstående diagram användas, maximalt uppgår till ca 0,3 procentenheter. Detta inträffar under den tid träden förändrar sin form som mest, d. v. s. 2—6 år efter skärnhuggningen. I de glesaste skärmarna, med en antagen nedgång hos formen med 0,03 enheter, ligger överskattningen av massatillväxtprocenten vid maximalt ca 0,5 enheter.

### 17. 5. *Värdeproduktionen*

17.5.1 Sambandet mellan årsringsbredd och värdetillväxtprocent enligt produktionsserierna.

På samma sätt som tidigare beskrivits för volymproduktionen, har grafiska uppläggningar i olika diametergrupper utförts beträffande sambandet mellan årsringsbredd och värdetillväxtprocent enligt produktionsserierna. Vid dessa studier gjordes dock en ytterligare uppdelning beroende på prisrelationen.

Även värdetillväxtprocenten är naturligtvis starkt korrelerad med årsringsbredden. Bonitetsobservationerna blandar sig helt regellöst. På samma sätt som tidigare har därför fig. 66 erhållits efter grafiska utjämnningar.

De tillväxtprocenter som erhållas genom avläsning i diagrammen uttrycker endast avkastningen med hänsyn till inväxning i värdefullare dimensioner och volymökningen. I glesa skärmar bjuder försiktigheten att vi räknar med en formförsämring utöver det normala. Detta medför, att man i vissa skeden av skärmperioden bör reducera den avlästa värdetillväxtprocenten. Reduktionen kan ske med samma belopp som tidigare beskrivits för massatillväxtprocenten. Ingen hänsyn har heller tagits till, att träden under skärmperioden kan väntas förbättra sin kvalitet så att högre priser betalas för träd av en viss dimension vid slutet av skärmperioden än vid början. I följande avsnitt skall vi diskutera de verkningar ett hänsynstagande till denna kvalitetsförbättring kan medföra.



Värdetillväxtprocent

Increment in value, per cent

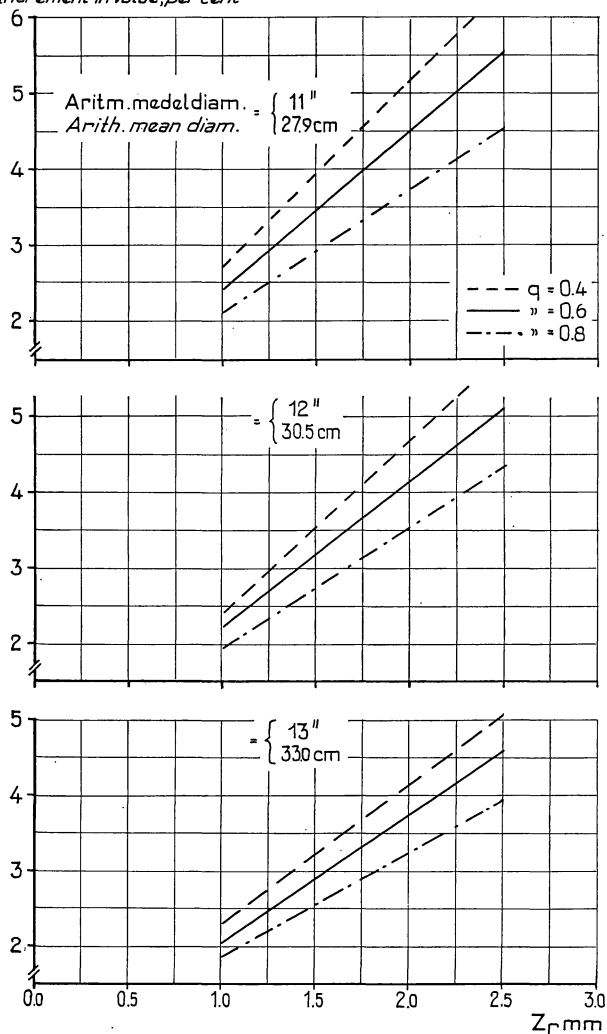


Fig. 66. Text se sid. 190.

Text, see p. 190.

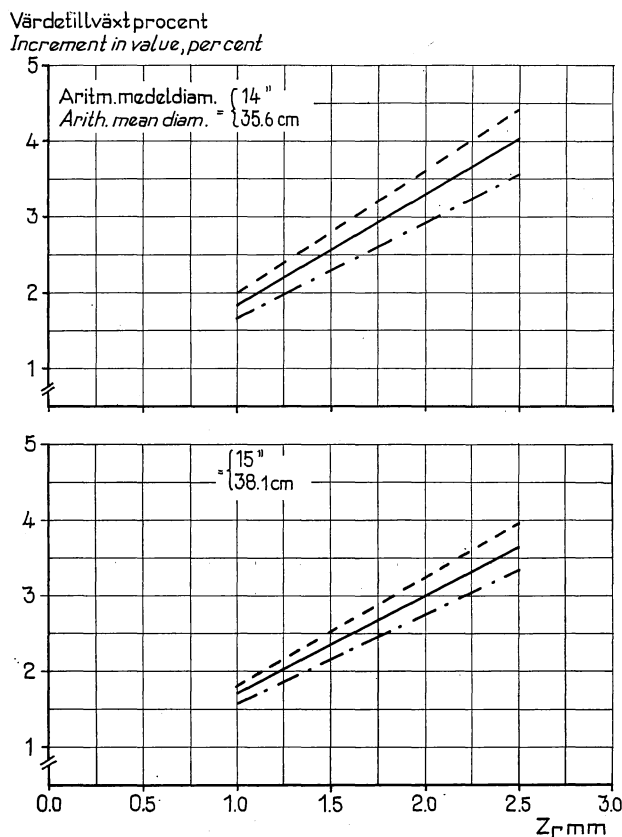


Fig. 66. Sambandet mellan årsringsbredd och värdetillväxtprocent i tallskärmar vid värdering med relativa priser enligt de framlagda skärmserierna (jfr text).

Relationship between the width of the annual rings and increment in value (per cent) in shelterwood stands evaluated on the basis of relative prices according to the series presented (cf. text).

#### 17.5.2 Kvalitetsvärdetillväxtprocenten.

Den kvalitetsförbättring hos träden, som kan väntas äga rum under skärmperioden, är starkt beroende av möjligheterna till försäljning av högt betalda sortiment. Även inom ett företag där endast timmer och massaved tas ut, bör dock grovt, kvistrent virke värderas förhållandevis högt (jfr sid. 151). Finner vi t. ex. att  $P_{30}$  ökar från värdet  $X$  år 0 till  $Y$  år  $n$  kan vi skriva:

$$1,0p_k^n = \frac{Y}{X} \dots\dots\dots (31)$$

varvid  $p_k$  utgör »kvalitetsvärdetillväxtprocenten» enligt sammansatt ränta för  $P_{30}$  under  $n$  år av skärmperioden. Anses  $p_k$  vara oberoende av träddimensionen förändras ej prisrelationsnivån, varför den verkliga värdetillväxtprocenten

( $p_v$ ) i skärmen erhålles genom att vid varje tillfälle i tab. 18 utföra multiplikationen  $1,0p_k \cdot 1,0p_u = 1,0p_v$ , där  $p_u$  är den i produktionsserierna angivna tillväxtprocenten. Samtidigt skall det aktuella beståndsvärdet korrigeras genom multiplicering med  $1,0p_k^t$  där  $t$  = antal år efter skärnhuggning.

Det är alltså att vänta, att värdet på  $p_k$  kan variera rätt starkt beroende på skogsbruksförhållandena. För att möjliggöra en någorlunda realistisk diskussion av skärmställningarnas värdeproduktionsförmåga under olika förhållanden, är det dock nödvändigt att införa verklighetstroga värden på  $p_k$ . Vi skall därvid utnyttja resultat, som framkommit vid ett par tidigare utförda undersökningar.

Vid provapteringar i bestånd av varierande ålder på Siljansfors försöks-park har sålunda Andersson (1961) funnit sådana samband mellan  $P_{30}$  resp.  $P_{21}$  och beståndsåldern, att kvalitetsökningen mellan 50 och 100 års bestånds-ålder kan uttryckas med  $p_k \approx 0,6$  procent. Som Andersson (1962) påpekat, måste dock storleken hos  $p_k$  vara beroende av den aktuella prisrelationsnivån. Ovanstående värde kan anses gälla vid  $q \approx 0,6$ . Tas full hänsyn till möjligheterna att aptera specialsortiment, kan man av sambandsförloppen utläsa, att  $p_k$  bör ligga på en rätt likartad nivå även över 100 år.

I ett examensarbete vid skogshögskolan har vidare Larsson och Strand (1958) utfört apteringar av tallöverståndare. Beroende på kvalitén fördelade sig träden därvid vid en och samma diameter i genomsnitt enligt följande:

Stolpar:	25 procent
Fanér och timmer:	37 »
Enbart timmer:	38 »

Det procentuella utfallet visade sig inom vida gränser rätt oberoende av träddimensionen. Fanérträden ovan indelades i ytterligare fyra undergrupper beroende på den relativa andelen fanérvirke. Tänker vi oss nu med utgångspunkt från de vid undersökningen redovisade virkespriserna, att träd av en viss dimension omedelbart efter skärnhuggningen endast ger stolpar och timmer, under det att lika grova träd innehållande en 25 mm bred mantel (kvistrent) virke i brösthöjd avsatt under 15 år efter skärnhuggningen kan leverera fanér i full utsträckning, erhålles  $p_k \approx 0,8$ . Detta värde får anses extremt högt då med säkerhet en del fanér även utfaller vid det första apteringstillfället. Det i Anderssons undersökning erhållna värdet på  $p_k \approx 0,6$  förefaller därför mer realistiskt för skärmar med måttligt stark diameterutveckling.

Värdet på  $p_k$  kan dock ej vara oberoende av den takt varmed diameterökningen hos skärmträden försiggår. Efter olika överväganden har författaren stannat vid, att i de följande diskussionerna vid  $q = 0,6$  räkna med en ökning hos  $P_{30}$  med 10 procent sedan träden efter skärnhuggningen avsatt en mantel

i brösthöjd av 25 mm:s tjocklek. Detta tar en tid av 15—20 år vid den radietillväxt som är normal i kontinuerligt vårdade bestånd, t. ex. i de av Andersson apterade. I glesa skärmar sker däremot diameterökningen snabbare varför  $p_k$  bör ligga högre. Står träden åter på svag mark eller i tätt förband, så att längre tid åtgår för att den eftersträvade diameterökningen skall uppnås, bör  $p_k$  anta lägre värden. Det måste därför föreligga ett samband mellan  $p_k$  och årsringsbredden. Något observationsmaterial som kan belysa detta förhållande, finnes dock tyvärr ännu ej att tillgå. Av denna anledning har det ej ansetts möjligt att på ett realistiskt sätt låta  $p_k$  variera under skärmperioden, vilket måste betecknas som en brist.

Med kännedom om diameterutvecklingen i de framlagda skärmserierna, och med ovanstående förutsättningar som grund, beräknades värden på  $p_k$  samt därefter nya beståndsvärden vid olika tillfällen efter skärmhuggningen. Beroende på tillväxthastigheten visade sig därvid  $p_k$  variera mellan 0,41 och 0,96 procentenheter. En jämförelse med de värden på  $p_u$  som tidigare framräknats i tab. 18 visar, att kvalitetsökningen måste vara en faktor som bör tillmätas stor betydelse när man vill bedöma skärmställningarnas värdeavkastningsförmåga. En höjning av värdetillväxtprocenten med  $\frac{1}{2}$ —1 enhet medför i många fall en avgörande förbättring av värdeavkastningsnivån. Innan vi ytterligare behandlar skärmarnas avkastningsförmåga ur räntabilitetssynpunkt, skall vi dock liksom beträffande volymen jämföra den löpande värdeproduktionen olika skärmalternativ emellan.

### 17.5.3 Den löpande värdeproduktionen.

I fig. 67 visas på samma sätt som tidigare för volymen, den löpande värdeproduktionen i olika skärmstadier. Kurvorna gäller för  $q = 0,6$  och  $P_{30}$  år  $0 = 1$  krona. Hänsyn har tagits till kvalitetsvärdetillväxten på ovan beskrivet sätt. Som synes företer kurvorna i figuren stora likheter med dem som tidigare visats för volymproduktionen. Vad beträffar värdet förmår dock de glesare skärmar hävda sig bättre gentemot de tätare, än när det gäller volymen. I den delfigur t. ex., där i genomsnitt lika grova, men olika täta skärmar jämföras, erhålles, om genomsnittsproduktionen under skärmperioden för det tätaste alternativet användes som bas, produktionsvärden, som ligger på 5—10 procent högre nivå än tidigare. Tar man dessutom med i beräkningen, att genomsnittdiametern bör sättas högre i de glesare skärmar (se vidare sid. 201), blir nedgången i värdeproduktion ej alls lika stor, som vad beträffar volymen. Den löpande värdeproduktionen hos skärmar med samma stamtäthet, men olika genomsnittsdimension, är mycket likartad. De klena skärmar inhämtar med andra ord rätt snart de grövres försprång. Detta gäller såväl vid 180 stammar per hektar (som visas i figuren) som vid 100 stammar. Även

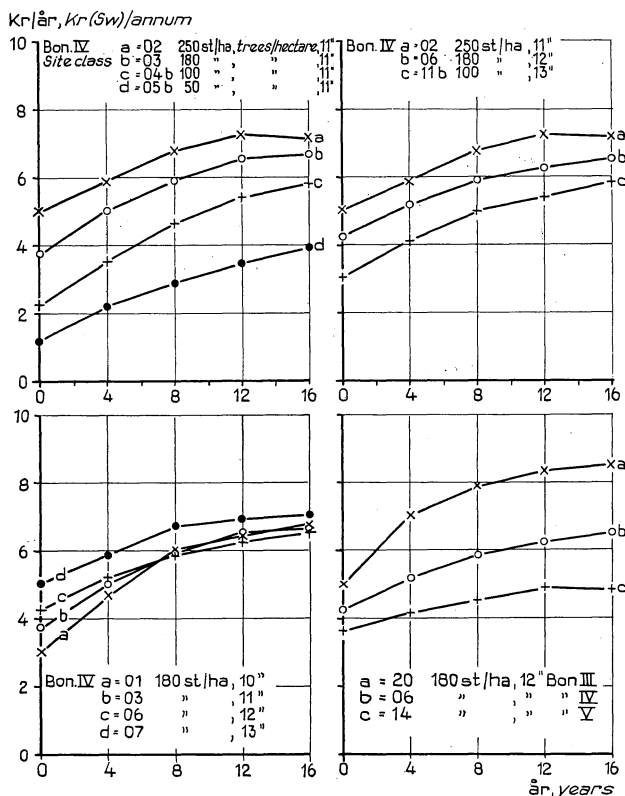


Fig. 67. Den årliga, löpande värdetillväxten vid olika tillfällen efter skärmhuggningen enligt några av de framlagda skärmserierna (jfr fig. 64). Viss korrektion för kvalitetstillväxt utförd (se text).  $P_{30}$  år 0 = 1 kr.

Current mean annual increment in value at various occasions after shelterwood setting according to some of the series presented. Some adjustment has been made for increment in quality (cf. text).  $P_{30}$  year 0 = 1 Sw. kr.

när det gäller värdet har boniteten, som framgår av figuren, mycket stor betydelse för produktionsnivån.

#### 17.5.4 Avkastningsförmågan vid visst förräntningskrav på mark- och virkeskapital.

I följande avsnitt skall vi med produktionsserierna som underlag diskutera skärmställningarnas avkastningsförmåga vid visst förräntningskrav på mark- och virkeskapital. För att erhålla verklighetstroga avkastningsbelopp räknar vi därvid, på sätt som tidigare beskrivits, med en viss kvalitetsförbättring hos träden under skärmperioden. Som en lämplig beräkningsgrund har valts den löpande värdeavkastningen hos skärmen utöver förräntningen på det egna rotvärdet med 3 procent. Räntefoten överensstämmer med skogsvårdslagens nu-

varande förräntningskrav för utvecklingsbar skog. Det är dock enkelt för den intresserade, att med tab. 18 som utgångspunkt, och eventuellt med egna kvalitetsvärdetillväxtprocenter, välja en annan räntenivå och utföra motsvarande jämförelser. Vid värderingarna har  $P_{30}$  vid tiden för skärnhuggningen satts = 40 kronor, en prisnivå som författaren anser realistisk för nyställda skärmar i normala avsättningslägen inom området (vid prisrelation = 0,6). Det finns anledning påpeka, att  $P_{30}$  kan väntas anta olika värden beroende på prisrelationen. För att ej i onödan tynga framställningen med alternativ härvidlag, bortses i fortsättningen från detta förhållande. Det sagda medför dock, att en viss försiktighet måste iaktas vid jämförelser mellan det ekonomiska resultatet på olika  $q$ -nivåer.

Någon diskontering till skärmperiodens början av den framtida värdeavkastningen har ej skett. Dels rör det sig här om relativt korta tidsperioder, dels har det bedömts som ur praktisk synpunkt mest värdefullt, att erhålla en uppfattning om, vilket resultat en utförd räntabilitetskalkyl kommer att ge vid olika tillfällen under skärmperioden. En sådan kan t. ex. utföras för att ge svar på om skärmen skall avverkas eller få stå kvar ytterligare en tid.

För att ett skogsbestånd utan vidare skall försvara sin plats på marken bör vi i likhet med skogsvårdslagen fordra, att dess värdeavkastning dels täcker räntan på det egna rotvärdet till en viss önskad procent, dels räntan på markens värde. Som exempel på storleksordningen hos de årliga belopp i kronor som fordras för att vid räntefoten 3 procent förränta markvärdet, visas nedanstående uppställning avseende olika boniteter och prisrelationer:

Bonitet Site class	q		
	0,4	0,6	0,8
III .....	18	25	31
IV .....	6	13	18
V .....	1	5	8
VI .....	1	3	5

Värdena ovan har erhållits efter en analys med utgångspunkt från de  $W$ -värden som Andersson (1957) erhållit ur produktionstabeller gällande planterad tall i Norrland. Med  $W$  betecknas som bekant det till beståndets födelseår diskonterade värdet av samtliga framtida nettoavkastningar med avdrag för allmänna omkostnader (Petterson 1950, s. 8). Anderssons  $W$ -värden är beräknade för  $h_{100}$ -boniteter men har omförts till Jonsons klasser med ledning av de relationstal som Petterson (1950, tab. 3) angivit. Vid bestämningen av  $W$  har  $P_{30}$  satts = 36 kronor, d. v. s. 10 procent lägre än vad som antagits gälla skärnträd. Markvärdet har erhållits genom att från  $W$ -värdet dra de

kapitaliserade föryngringskostnaderna, varvid förutsatts, att de bättre boniteterna planteras och de sämre självföryngras.

Bestånd, vilkas värdeavkastning förräntar såväl det egna rotvärdet som markvärdet, benämner vi här *räntabla*. Sådana bestånd vilkas värdeavkastning väl förräntar det egna virkeskapitalet men ej hela markvärdet, anser vi *ej fullt räntabla*. Är avkastningen så låg i förhållande till virkeskapitalet, att ej ens detta förräntas i önskvärd utsträckning, betecknas bestånden som *oräntabla*. Om en skärm under sin tillvaro växlar karaktär från t. ex. oräntabel till räntabel, något som är mycket vanligt, blir den ur ekonomisk synpunkt bästa, genomsnittliga avkastningsnivån avgörande för benämningen (se vidare sid. 202).

Sett ur ekonomisk synpunkt bidrar en ej fullt räntabel skärm till att betala åtminstone en del av markhyran under föryngringsskedet. I en räntabel skärm betalas hela markhyran och dessutom erhålles ett netto, som kan krediteras föryngringskostnaden. En oräntabel skärm medför, att föryngringskostnaden även måste debiteras de förluster som ett kvarhållande av det oräntabla virkeskapitalet innebär. Vi förutsätter naturligtvis då, att orsaken till beståndets kvarhållande dikteras av avsikten att bedriva skärmföryngring.

Som grundval för diskussionen visas en serie diagram i fig. 68. En närmare beskrivning av utgångsläget för de skärmserier som givit upphov till respektive avkastningskurvor i delfigurerna återfinnes under figurtexten. För att undvika upprepade reservationer erinras läsaren om, att man vid jämförelse mellan olika täta skärmar har anledning räkna med, att de glesare från början haft något högre radietillväxt än de tätare. Till detta har ej hänsyn tagits vid beräkningen av skärmserierna. Värdeavkastningskurvornas nivå vid dessa jämförelser bör därför ligga högre under de första åren efter skärmhuggningen än vad räkneexemplen för de glesa skärmarna utvisar. Hänsyn har ej heller tagits till möjligheten, att uppväxande ungskog eller frodig hyggesvegetation med tiden kan väntas hämma glest stående skärmträds tillväxt. Detta måste i så fall medföra, att avkastningen går ner något snabbare än vad som här antagits.

*Prisrelationen.* Som framgår av värdetillväxtprocenterna i tab. 18 och i fig. 66 har valet av den prisrelation, som man lägger till grund för sina beräkningar, en utomordentligt stor betydelse för synen på skärmföryngringens ekonomi. Har man anledning räkna med låg prisrelation, kan man med ekonomisk vinst driva avsevärt mycket grövre skärmar än om prisrelationen är hög. Det måste dock i detta sammanhang erinras om, att de optimala omloppstiderna för skogsbestånd är extremt korta vid hög prisrelation. Vid slutet av omdrevstiden har därför träden ännu ej nått så grova dimensioner som om låg prisrelation användes. Detta förhållande verkar naturligtvis till förmån

**Fig. 68. Exempel på den löpande avkastningen per hektar i tallskärmar utöver 3 % för-räntning av rotvärdet ( $q=0,6$ .  $P_{30}$  år 0 = 40 kr)**

Examples of the current yield per hectare in excess of 3 per cent rate of interest on the stumpage value in shelterwood stands of Scots pine ( $q=0,6$ .  $P_{30}$  year 0 = 40 Sw. kr.)

Delfigur Part figure	Kurva Curve	Serie nr. Series No.	Bonitet Site class	Utgångsläge (år 0). Outset (year 0).				
				Träd- ålder år Tree age years	Medel- diam. tum Mean diameter inches	Stamant. per ha. No. trees per hectare	$Z_r$ mm	$p_k$
I	a	01	IV	120	10	180	1,1	0,60
	b	01						0,00
2	a	20	III IV V	120	12	180	1,1	0,53
	b	06						0,48
	c	14						0,41
3	a	03	IV	120	11	180	1,1	0,53
	b	23						0,50
4	a	09	IV	100	11	180	1,1	0,56
	b	03		120	11			0,53
	c	08		170	11			0,50
5	a	01	IV	120	10	180	1,1	0,60
	b	03			11			0,53
	c	06			12			0,48
	d	07			13			0,48
6	a	12	V	120	10	180	1,1	0,48
	b	13			11			0,43
	c	14			12			0,41
7	a	04	IV	120	11	100	1,1	0,74
	b	04 b						0,74
8	a	02	IV	120	11	250	1,1	0,43
	b	03				180		0,53
	c	04 b				100		0,74
	d	05 b				50		0,96
9	a	13	V	120	11	180	1,1	0,43
	b	16 b				100		0,60
	c	17 b				50		0,74
10	a	19	III	120	12	250	1,1	0,43
	b	20				180		0,53
	c	22 b				100		0,87
11	a	01	IV	120	10	180	1,1	0,60
	b	04 b			11	100		0,74
	c	10 b			12	100		0,74
12	a	03	IV	120	11	180	1,1	0,53
	b	10 b			12	100		0,74
	c	11 b			13	100		0,68
13	a	02	IV	120	11	250	1,1	0,43
	b	06			12	180		0,48
	c	07			13	180		0,48
14	a	12	V	120	10	180	1,1	0,48
	b	16 b			11	100		0,60
15	a	19	III	120	12	250	1,1	0,43
	b	21			13	180		0,46
16		18 b	VI	120	10	100	1,1	0,53



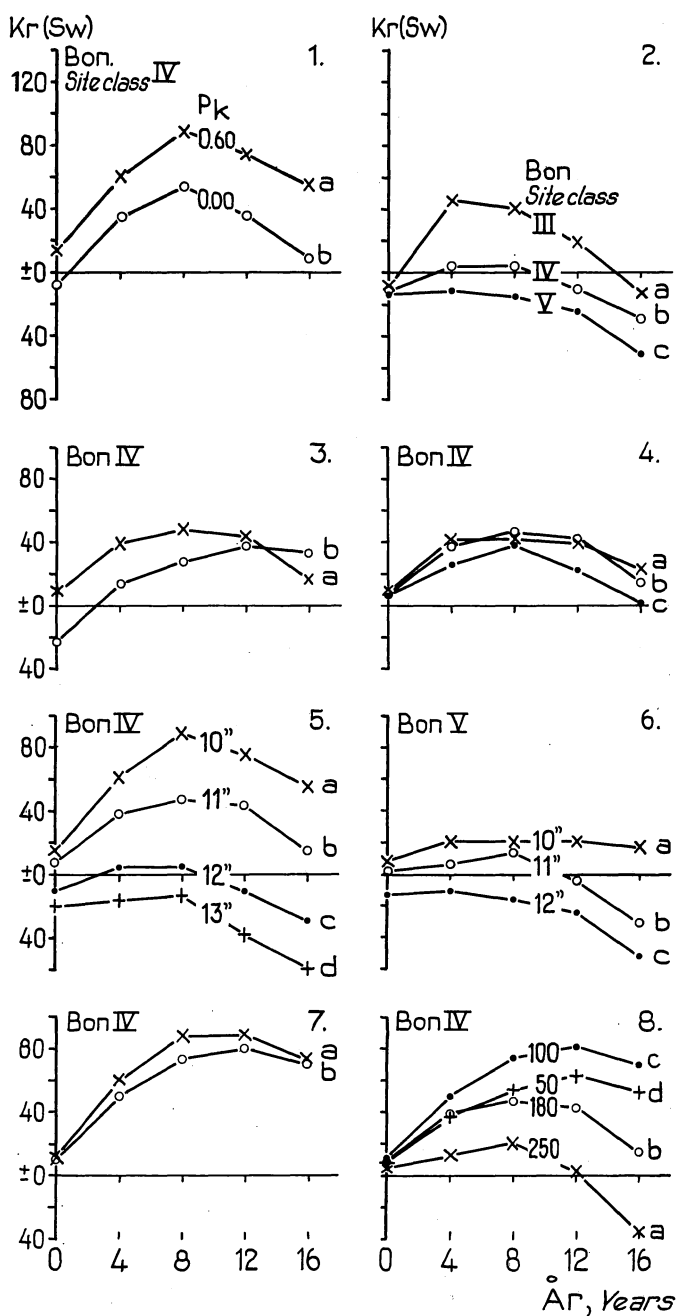


Fig. 68. Text, se sid. 196.

Text, see p. 196.

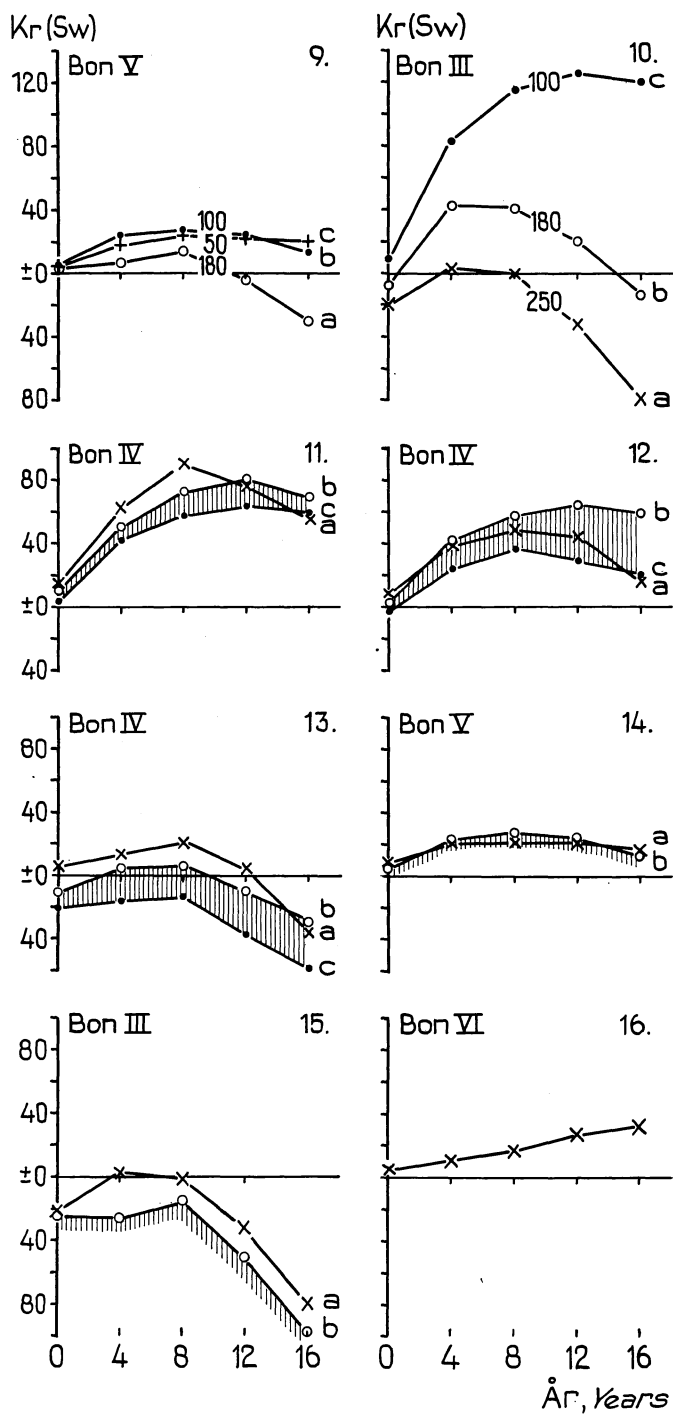


Fig. 68. Text, se sid. 196.

Text, see p. 196.

för skärmföryngringens ekonomi, eftersom ingreppen då bör göras på ett tidigare stadium. Kvalitetsvärdetillväxtprocentens nivå är dock säkerligen beroende på prisrelationen, så att  $p_k$  antar lägre värden vid höga och högre värden vid låga prisrelationer.

I det följande anknyter resonemangen till förhållandena vid prisrelation 0,6. Läsaren torde emellertid ej beredas alltför stora svårigheter att ur skärmserierna hämta motsvarande uppgifter från andra  $q$ -nivåer, eventuellt med tillämpning av egna värden på  $p_k$ .

*Kvalitetsvärdetillväxtprocenten.* I delfigur 68:1 visas den årliga löpande avkastningen utöver förräntningskravet på det egna rotvärdet efter 3 procent (i fortsättningen endast »avkastningen») i en skärm med 180 stammar per hektar och 10 tums medeldiameter, dels med en kvalitetsvärdetillväxt = 0,60 procent, erhållen på tidigare beskrivet sätt (kurva  $a$ ), dels med  $p_k = 0$  (kurva  $b$ ). Som synes är avkastningsnivån starkt beroende av  $p_k$ . I texten till fig. 68 återfinnas de värden som  $p_k$  åsatts vid de här aktuella beräkningarna.

*Boniteten.* I fig. 68:2 ges exempel på bonitetens betydelse för värdeavkastningen inom med hänsyn till ålder, stamantal och medeldiameter efter skärmhuggningen likartade skärmställningar (bonitet IV, 180 stammar per hektar, 12 tum). Som synes är skillnaden i fråga om löpande värdeavkastning avsevärd. Endast på bonitet III (kurva  $a$ ) kan skärmen anses räntabel, på bonitet V (kurva  $c$ ) är den klart oräntabel. Läsaren erinras emellertid om att tillväxtförloppen på bonitet III och V i viss mån erhållits med utgångspunkt från bonitet IV, vilket innebär ett osäkerhetsmoment. Med hänsyn till de erfarenheter som vunnits av jämförelser med andra produktionstabeller, vågar man dock anta att de erhållna sambanden är ganska realistiska.

*Radietillväxten före skärmhuggningen.* Det har tidigare visats, att de kvarställda skärmträden vanligen haft en radietillväxt på mer än 1 mm under åren före skärmhuggningen. Det kan dock förekomma, att tillväxten i gamla välslutna bestånd är lägre. Detta får framför allt anses indikera en sämre kondition hos skärmträden och man kan därför vänta en långsammare reaktion hos dessa. För att undersöka hur detta kommer att påverka skärmens ekonomi, har en produktionsserie beräknats (nr 23), där årsringsbredden är 0 antagits ligga vid 0,8 mm. Av fig. 68:3 (bonitet IV, 180 st/ha, 11 tum) framgår att detta (kurva  $b$ ) medför en försämrad värdeavkastning i förhållande till en från början likartad skärm, men med bättre kondition (kurva  $a$ ). Skillnaderna är rätt påtagliga, men med tiden når även den från början svagväxande skärmen ungefär samma avkastningsnivå som den i detta avseende bättre.

*Skärmträdens ålder.* Det är svårt att utföra verklighetstroga jämförelser mellan skärmbestånd i olika åldersstadier, eftersom utgångsläget sällan kan antas vara detsamma. Med reservation för det sagda visas fig. 68:4, som avser

en jämförelse mellan skärmar av 100, 120 och 170 års ålder (bonitet IV, 180 st/ha, 11 tum). Som synes ger de båda yngre skärmarna (kurva *a* och *b*) en mycket likartad avkastning, liggande på en högre nivå än den 170-åriga skärmen (kurva *c*). De yngre skärmarna behåller dessutom sin räntabilitet längre än den gamla. Det bör dock anmärkas, att medeldiametern här måste anses väl klen för åldersstadiet. Träden bör dessutom ha relativt sett lägre tillväxt före skärnhuggningen. I så fall hade skillnaden blivit ännu större. Exemplet visar dock, att man även ur äldre bestånd, som hållits täta och där därför träden genomsnittligt är förhållandevis klena, kan erhålla räntabla skärmar.

*Medeldiametern.* Skärmställningens genomsnittsdimension har som framgår av fig. 68: 5 och : 6 den allra största betydelse för avkastningsförmågan (bonitet IV resp. V, 180 st/ha). I skärmar med förhållandevis klena träd erhålles vid samma stamantal en avsevärt mycket högre avkastning än om träden är grova, då nettot ofta bytes mot förlust. Vid det här aktuella stamantalet och med här använda beräkningsgrunder synes på boniteten IV skärmar grövre än 12 tum bli oräntabla. På boniteten V är motsvarande gräns 11 tum. De klenare skärmträdens överlägsenhet vid ett och samma stamantal beror dels på det för värdetillväxten gynnsammare dimensionsintervallet i dessa, dels på den kraftigare tillväxtreaktionen. Det bör dock påpekas, att risken för formförsämring sannolikt är större i klena än grova skärmar vid samma stamantal, emedan beståndstätheten får anses vara högre i de senare. Detta innebär, att risken för en viss övervärdering av de klena skärmarnas räntabilitet måste beaktas. Någon avgörande betydelse kan dock det sagda ej ha.

*Formförsämringen.* Eftersom denna redan tidigare behandlats rätt ingående, skall här endast ett exempel lämnas på dess betydelse för skärmställningens avkastning. Som framgår av fig. 68: 7 (bonitet IV, 100 st/ha, 11 tum) ligger den verkliga avkastningen rätt mycket lägre om en formförsämring förekommer (kurva *b*) än om så inte är fallet (kurva *a*). Efter en längre tid närmar sig dock avkastningskurvorna åter varandra. Detta beror på att vi räknat med att formförsämringen upphört efter en viss tid.

*Stamtätheten.* Avkastningskurvornas förlopp över tiden olika täthetsalternativ emellan uppvisar vissa typiska skillnader (fig. 68: 8—10). De glesa skärmarnas förräntning är som högst mot slutet av den här kalkylerade skärmperioden, under det att kurvorna för de tätare alternativen efter några år stupar mer eller mindre brant utför. Höga virkeskapital i kombination med tillbakagående tillväxt förorsakar här en snabbt försämrad ekonomi. Det erinras dock om vad som tidigare sagts beträffande de glesa skärmarnas produktionsförmåga. Deras överlägsenhet gentemot de tätare torde emellertid vara klar även om vi räknar med att ha överskattat deras uthållighet, när det gäller avkastningsförmågan.

Med ledning av de framlagda värdeavkastningskurvorna kan vi även bilda oss en uppfattning om det lämpligaste stamantalet per hektar, när man jämför den löpande värdeavkastningen hos skärmar med genomsnittligt lika grova träd. Det optimala täthetsintervallet på de här aktuella boniteterna synes då ligga någonstans i närheten av 100 stammar per hektar, ett förhållande som av utförda jämförelser att döma också är rätt oberoende av prisrelationsnivån.

På så sätt utförda jämförelser mellan olika skärmtätheter kan emellertid ej betraktas som fullt realistiska. I praktiken står man ju inför uppgiften, att ur ett mer eller mindre tätt utgångsbestånd avlägsna träd så att en skärmställning erhålles. Om skärmhuggningen, som man väl får anta, har karaktären av ett ingrepp underifrån, kommer genomsnittsdiametern att öka. På grund av träddimensionens stora betydelse för skärmställningens ekonomi kan man förutse, att även en måttlig diameterökning kraftigt måste motverka fördelen av en större gleshet. I vilken grad stamreduktionen kommer att påverka medeldiametern är naturligtvis svårt att fastslå. Detta måste bero på en mängd varierande omständigheter. Förrättningsmannen kan t. ex. påverka stamvalet inom rätt vida gränser. De tidigare presenterade tillväxtfunktionerna (27, 28 och 29) är emellertid sannolikt ej användbara för skärmar, uppkomna på så sätt, att även grova träd avlägsnas i syfte att hålla nere medeldiametern. Detta tillvägagångssätt bör dock vara fullt tänkbart, särskilt vid successiv utglesning av skärmar.

Med ledning av fig. 68: 11—15 kan vi erhålla en rätt god uppfattning om, hur en utglesning i vårt fall kommer att påverka det ekonomiska resultatet, uttryckt på det här angivna sättet. Bilden blir då en annan än tidigare. Antas vi t. ex. stå inför en skärm med 180 stammar per hektar och 10 tums genomsnittsdiameter (kurva *a* i fig. 68: 11), som vi utglesar till 100 stammar per hektar, kan vi räkna med, att genomsnittsdiametern ökar till 11 à 12 tum (det streckade fältet mellan kurvorna *b* och *c*). Härigenom erhålles, åtminstone till en början, en markant försämrad värdeavkastning. Även de övriga delfigurer (12—15) ger en liknande bild av utglesningens verkningar. I allmänhet vinnes sålunda intet på en extrem glesställning. Ett undantag utgör dock genomsnittligt grova skärmräd (t. ex. 12 tum på bonitet IV) stående på sådan mark och i sådant förband, att en kraftig diametertillväxt kan väntas efter skärmhuggningen. Även om man här kan förbättra ekonomin genom att ge träden mycket gott utrymme, t. ex. genom att ställa 100 stammar per hektar av 13 tums medeldiameter, kan man dock med stöd av figurerna utläsa, att det även i dessa fall finns en lönsamhetsgräns för medeldiametern, vilken ej bör överskridas (t. ex. 14 tum på bonitet IV eller 15 tum på bonitet III). Med de förutsättningar som här ligger till grund för beräkningarna, uppnår så grova skärmar ej ens i glest förband acceptabel räntabilitet.

Det är sålunda vid skärmhuggning viktigt, att den medeldiameter beaktas,

som träden kommer att uppnå. För att skärmar med 180 stammar per hektar skall kunna väntas bli räntabla, får med här använda utgångsvärden för kalkylerna medeldiametern på bonitet V ej överskrida 11 tum. På bonitet IV är motsvarande gränsvärde 12 tum och på bonitet III 12 à 13 tum. En ytterligare glesställning kan eventuellt hjälpa upp avkastningsförmågan något. Emellertid föreligger som nämnts gränsvärden för medeldiametern vid varje skärmtäthet. Är diameterutvecklingen i bestånden ännu ej så långt framskriden, att ovannämnda medeldiametrar uppnåtts, något som torde vara rätt vanligt, erhåller man lika god eller bättre avkastning genom att ställa täta skärmar. En ytterligare fördel vinnes då samtidigt, nämligen att markens massa- och värdeproduktionsförmåga kan utnyttjas mer högradigt.

*Svaga marker.* På torra svaga marker kan man som tidigare berörts räkna med att tallföryngring etablerar sig utan åtgärd, dock under förutsättning att skärmträden står tillräckligt glest. Inom områdets sydvästra delar förekommer vidsträckta, högt belägna arealer med låg bonitet, huvudsakligen bevuxna med tall. Då fröproduktionsförhållandena här är ganska dåliga måste man räkna med, att föryngringens invandring kommer att ta mycket lång tid i anspråk. Samtidigt är markvärdena låga, och man måste därför inrikta skogsskötselåtgärderna så, att kostnaderna hållas nere. En tänkbar möjlighet är att bedriva en form av »tallhedsskötsel», så att tidigt, genom radikala huggningsingrepp stamantalet nedbringas så, att redan vid slutavverkningsfallet självföryngrade plantor finnas i tillräckligt antal. För att få en uppfattning om det ekonomiska resultatet av en sådan skärmställning, som kanske bör stå i 30—50 år, har produktionsserie 18 beräknats (bonitet VI, 100 st/ha, 10 tum). Som framgår av fig. 68:16 är skärmen klart räntabel och en successivt ökande avkastning erhålles, som under lång tid kan väntas ligga på en rätt jämn och förhållandevis hög nivå. Genom skärmhuggningsingreppet uppstår momentant en viss förlust i fråga om massaproduktionen, men denna torde ej vara av allvarigare art (jfr tab. 18 och fig. 61).

*Skärmperiodens längd.* Av de redovisade figurerna framgår, att avkastningskurvorna vanligen är starkt bågböjda. En förhållandevis dålig avkastning de första åren efter skärmhuggning motverkas oftast av en bättre ekonomi i ett senare skede. Vid en bedömning av skärmperiodens lämpliga längd bör detta förhållande tillmätas stor betydelse. Följande principiella resonemang kan tjäna som vägledning vid sådana bedömningar.

Redan ställda skärmar bör få stå kvar så länge en räntabilitetskalkyl visar att de är räntabla. Skulle kalkylresultatet visa, att skärmen ej uppfyller de ekonomiska fordringarna, beror vårt ställningstagande bl. a. på, i vilket utvecklingsskede skärmen befinner sig. Är denna nyställd och snart kan tänkas ge bättre avkastning, bör resultatet av en diskontering till nutid av framtida

förväntade under- och överskott företas. Visar denna kalkyl, att man vid en viss lämpligt vald längd på skärmperioden kan uppnå så gott genomsnittsresultat, att de diskonterade överskotten uppväger underskotten, får det anses vara lönande att låta skärmen stå. I annat fall måste allt göras för att påskynda föryngringens etablering så att avverkning kan ske. Det senare gäller naturligtvis även, om man bedömer, att skärmens framtida avkastningsförmåga endast kommer att försämrast.

Tidpunkten för insats av föryngringsåtgärder inne i skärmen måste vara beroende av det sålunda erhållna kalkylresultatet. I räntabla skärmar bör man dröja ganska länge, så att någon konfliktsituation ej uppstår mellan produktions- och föryngringssynpunkter. Skall plantbeståndet anläggas genom Tmb, bör man insätta denna åtgärd ett lämpligt antal år (4—6) innan förrentningskravet ej längre uppfylles av skärmträden. Längden hos de skärmperioder som är tänkbara i dessa fall är ofta avsevärda, kanske 10—15 år eller mer. I skärmar med otillräcklig avkastningsförmåga bör föryngringsåtgärder företas så snabbt som möjligt, för att kostnaden skall bli den lägsta möjliga. Skall man avgöra om en sådan skärm bör ställas eller ej, får de ekonomiska förluster som en skärmperiod medför vägas mot de vinster som t. ex. en låg föryngringskostnad innebär. Skärmperiodens längd bör i dessa fall vara lika med föryngringstiden (t. ex. vid Tmb: 4—6 år).

#### *17.5.5 Förräntningen vid goda avsättningsförhållanden för grova specialsortiment.*

Vid värderingarna har tidigare antagits, att någon ökning av à-priset ej sker över 40 cm DBH. Det kan dock tänkas, särskilt inom småskogsbruket, att vid försäljningen av skärmträd även grova specialsortiment betalas förhållandevis högt. I så fall är en fortsatt prisökning hos virket över 40 cm fullt tänkbar. Vid den tidigare refererade provaptringen till stolpar och fanér m. m. av överståndare i Mellansverige, som utförts av Larsson och Strand (1958), visade det sig t. ex. att à-prisets ökning var påtaglig åtminstone upp till 50 cm DBH. Detta måste medföra, att det ekonomiska resultatet av att driva grova skärmar måste bli något annorlunda, än som tidigare framkommit. För att undersöka de följder en sådan förändring av förutsättningarna kan ha i vårt fall, har några speciella värderingar utförts. Det bör dock påpekas, att i detta sammanhang endast de grövsta skärmalternativen är aktuella, där med tiden en alltmer påtaglig andel av virkesmassan ligger över 40 cm DBH.

För ändamålet utvaldes produktionsserierna 06, 07, 10 b och 11 b tillhörande bonitet IV. Här skildras utvecklingen i skärmar med utgångsdiametrar på 12 och 13 tum och med täthetsvärden av 180 resp. 100 stammar per

hektar. Vid värderingarna förutsattes i motsats till tidigare, att à-priset fortsätter att öka oförminskat även ovan 40 cm DBH. Härigenom gynnas de grova dimensionerna något för mycket vid värderingen om man jämför med ovan refererade undersökningsresultat, som visar en successivt avtagande tendens hos à-priset. Överskattningen blir dock ej särskilt stor, då endast en obetydlig andel av våra produktionsseriernas stammar efter 16 år nått 50 cm DBH. De nya värderingarna av produktionsserierna visade sig, som man har anledning vänta, ge en något högre värdetillväxtprocent än tidigare. Nedanstående uppställning ger en uppfattning om detta. Här visas skillnaden i tillväxtprocent, uträknad i form av genomsnittet för åren 4, 8 och 12 efter skärmhuggning:

Utgångsdiameter	Stamantal per hektar	
	100	180
12" .....	0,4	0,1
13" .....	0,4	0,2

Som framgår gynnas de snabbväxande, glest stående skärmträden mest vid detta värderingsalternativ. Vid 100 stammar per hektar ligger förräntningen 0,4 procent högre än tidigare, vid 180 stammar per hektar endast 0,1 à 0,2 procent högre. I de fall man kan vinna avsättning för högt betalda, grova specialsortiment kan man tydligen, om en snabb diameterökning hos skärmträden är att vänta, räkna med en ytterligare icke oväsentlig höjning av värdetillväxtprocenten. Emellertid måste man även här vara uppmärksam på skärmträdens dimensioner så att inte en alltför stor del av dem växer in i det diameterintervall där à-prisets ökning är obetydlig.

#### 17.5.6 Sammanfattande synpunkter.

Ovan har skärmarnas värdeproduktionsförmåga diskuterats ur ett flertal aspekter. Som utgångspunkt har en värdering av produktionsserierna med relativa priser och konstant  $P_{30}$  tjänat. Värderingsmetoden bygger på att vissa, i andra undersökningar påvisade samband föreligger mellan brösthöjdsdiameter och priset per m<sup>3</sup>sk. Med kännedom om skärmträdens medeldiameter, deras årsringsbredd och värdetillväxtprocent enligt sammansatt ränta har fig. 66 erhållits. Denna kan tjäna som utgångspunkt, om man vill bedöma den löpande värdetillväxten i en skärmställning.

Emellertid måste vissa korrekationer av den ur fig. 66 erhållna värdetillväxtprocenten företas. Är skärmen gles och relativt nyställd, har man sålunda anledning befara en formförsämring hos träden, som dock upphör efter någon



tid. Detta medför, att det avlästa beloppet kan behöva reduceras med upp till 0,5 procent (jfr sid. 188).

I de flesta fall bör man ta hänsyn till en successivt skeende kvalitetsförbättring hos skärmträden, vilken kan uttryckas med hjälp av kvalitetsvärde tillväxtprocenten ( $p_k$ ). Storleken hos denna är beroende av en mängd från fall till fall starkt växlande förhållanden, vilka är svåra att generalisera. Med stöd av resultat från andra undersökningar synes det dock som om  $p_k = 0,6$  bör vara ett för normalt växtliga bestånd realistiskt genomsnittsvärde (vid  $q = 0,6$ ). Glest stående skärmträd kan dock undergå en avsevärt snabbare diameterökning. Detta måste medföra en hastigare kvalitetsförbättring. Det har därför ansetts som ett steg i rätt riktning, att i stället för konstant  $p_k$  införa en differentiering så att  $P_{30}$  antagits öka med 10 procent då träden efter skärnhuggningen avsatt en mantel i brösthöjd på 25 mm. Beroende på tillväxthastigheten erhöles då värden på  $p_k$  varierande mellan 0,41 och 0,96.

Har man möjlighet att avsätta mycket grova specialsortiment till högt pris, finns anledning att ytterligare höja värde tillväxtprocenten. I de fall skärmträden står glest och genomsnittligt är grova (t. ex. 12—13 tum vid  $q = 0,6$  på bonitet IV), erhöles i några räkneexempel en genomsnittlig ökning under skärmperioden med 0,4 procentenheter. En oförminskad ökning hos å-priset över 40 cm DBH förutsattes då.

Skärmarnas löpande värdeproduktion ökar i likhet med volymproduktionen successivt efter skärnhuggningen (fig. 67). Ju tätare beståndet är, desto bättre utnyttjas också markens produktionsförmåga. Skillnaden mellan skärmar av olika täthet är dock avsevärt mindre än beträffande massaproduktionen. Man torde i allmänhet kunna anse, att marken fortfarande utnyttjas väl i skärmar med 180 stammar per hektar eller mer.

Värdeavkastningsförmågan utöver ett visst förräntningskrav på mark- och virkeskapital har diskuterats rätt ingående. Härvid framgick att förutom boniteten skärmarnas täthet och trädens medeldiameter har den största betydelsen för denna. Vid skärnhuggning är det därför viktigt, att stor uppmärksamhet fästes vid dessa förhållanden, så att oräntabla skärmar ej ställas i onödan. Skärmträdens tillväxt och avkastningsförmåga variera starkt med tiden efter skärnhuggning. Vid bedömning av en skärmställnings förväntade avkastning måste man, såväl när det gäller planerade som redan ställda skärmar, ta berättigad hänsyn till den diameterutveckling, som kan väntas, samt till det tillväxtstadium som redan uppnåtts vid uppskattningstillfället. I många fall får man räkna med att ha skärmen stående lång tid innan avkastningsförmågan gått ned, så att avveckling bör ske. Vid bedömning av den rätta tidpunkten för föryngringsåtgärder bör man ha detta i åtanke, så att ej, t. ex. genom för tidig Tmb, en konfliktsituation uppstår mellan föryngrings- och produktionshänsyn.

**Tab. 19. Produktionstabell (efter Andersson 1962, tab. 23) avseende utvecklingen fr. o. m. 45 års beståndsalder. Planterad tall i norra Sverige.**  
**Bonitet:  $h_{100} = 24$  m. Extra stark låggallring.**  
Yield table (acc. Andersson 1962, tab. 23) pertaining to the development after 45 years of stand age. Plantation. Scots pine. North Sweden.  
Site class:  $h_{100} = 24$  m. Extra heavy low thinning.

Ålder Age	Övre höjd Domi- nant height m	Grundyte- medel stammens Mean basal area tree		Stamantal No. trees		Grundyta på bark, m <sup>2</sup> Basal area o.b. sq. m.		Volym på bark, m <sup>3</sup> Volume over bark, cu. m.						Gallringsprocent Timber removed		
		diam. på bark efter gallr. diam. o.b. after thin- ning cm	höjd efter gallr. height after thin- ning m	före gallr. before thin- ning	efter gallr. after thin- ning	före gallr. before thin- ning	efter gallr. after thin- ning	före gallr. before thin- ning	gallr. remo- ved timber	efter gallr. after thin- ning	total pro- duk- tion total yield	årlig löpan- de till- växt current annual incre- ment	årlig medel- till- växt mean annual incre- ment	stam- antal No. trees	grund- yta på bark B.A. o.b.	volym på bark volume o.b.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
45	13,1	13,0	10,9	3 000	1 331	29,9	17,6	170	67	103	170		3,8	55,6	41,3	39,3
55	15,8	16,3	13,7	1 331	830	25,5	17,4	176	54	121	242	7,3	4,4	37,7	31,7	30,8
65	18,1	19,8	16,1	830	526	23,7	16,2	188	59	129	309	6,7	4,8	36,6	31,9	31,2
75	20,0	23,5	18,3	526	337	21,6	14,7	190	60	130	370	6,1	4,9	35,8	32,1	31,6
90	22,6	28,8	21,0	337	218	21,1	14,3	209	67	143	449	5,3	5,0	35,2	32,3	31,9
105	24,7	33,9	23,4	218	143	19,0	12,8	206	66	140	513	4,2	4,9	34,7	32,5	32,2
120	26,4	38,1*	25,3*	143		10,3		190			563	3,3	4,7			

\* avser beståndet före gallring. pertaining to stand before thinning.

### 17. 6. Skärmställning som resultat av målmedveten beståndsvård

De framräknade produktionsserierna i tab. 18 får i första hand anses skildra tillväxten i skärmställningar som tillkommit ur mer eller mindre överåriga bestånd, vilka det av olika orsaker är angeläget att behålla någon tid, samtidigt som det är fördelaktigt att förbereda föryngringskedet. Allt eftersom nya, mer intensivt skötta skogar växer upp och når mogen ålder, uppstår förbättrade möjligheter, att redan på ett tidigt stadium inrikta beståndsskötseln så, att generationsväxlingen underlättas.

Sålunda är det tänkbart, att på för skärmföryngring passande marker gå in för relativt hårda genomhuggningar mot slutet av omloppstiden så att successivt en sådan beståndsgleshet åstadkommes, att en maskinell markberedning kan insättas ett lämpligt antal år före slutavverkningen. Genom att på så sätt företa föryngringsåtgärden inom den optimala omloppstidens ram, undvikes varje form av väntetid. Samtidigt blir själva föryngringskostnaden mycket låg. Det är t. o. m. möjligt att en viss »försprångsvinst» erhålles så att det nya beståndet redan nått en viss utveckling vid det gamlas avverkning. Tirén (1955) och Stridsberg (1956) har tidigare varit inne på samma tankegångar.

En förutsättning för att detta skogsbrukssätt skall kunna rekommenderas är naturligtvis, att det ekonomiska resultatet blir tillfredsställande, bl. a. så att inga allvarliga inoptimalförluster uppstår t. ex. genom en alltför långt driven beståndsgleshet. Genom tillmötesgående från *skogsvet. lic. Sven-Olof Andersson* återges nedan en produktionstabell (19), som är uträknad för att belysa resultatet av ett sådant handlingsprogram. Tabellen avser planterad tall i Norrland på bonitet  $h_{100} = 24$  m, d. v. s. en mark belägen inom Jonsons bonitetsintervall III—IV.

I tabellen har fr. o. m. 40-årsåldern gallringar insatts, till en början vart tionde, senare vart femtonde år. Gallringsuttagen är genomgående ca 30 procent på volymen och ca 35 procent på stamantalet, utom första gången då uttaget är starkare. De kvantiteter virke som uttas vid varje gallring är således ovanligt stora. Av tabellen framgår, att stamantalet redan vid 90 års ålder är så lågt som 218 per hektar. Vid 105 år återstår endast 143 träd. Med hänsyn till våra tidigare erfarenheter om möjligheterna att erhålla plantuppslag i täta skärmar bör på frisk mark en resultatrik maskinell markberedning kunna insättas redan i 90-årsåldern.

Det  $W$ -värde som uppstår vid denna beståndsskötsel hävdar sig väl i förhållande till dem som med samma utgångsläge erhållits för svagare gallringsalternativ (Andersson, 1957, tab. 18 och 19). Det här erhållna  $W$ -värdet överstiger t. o. m. dessa med 1—2 procent. Någon hänsyn har då ej tagits till

möjligheten, att en sämre kvalitet kan uppstå genom den större beståndsglesheten.

Tabellens  $W$ -värden kulminerar beroende på prisrelationen vid följande omloppstider:

$q = 0,5:$	105 år
$q = 0,7:$	90 år
$q = 0,9:$	75 år

Vid dessa beräkningar har konstant  $P_{30}$  använts under hela omloppstiden. Andersson har emellertid beräknat  $W$  även under förutsättning av ett successivt ökande  $P_{30}$ , vilket måste anses mera korrekt. Därvid kommer  $W$ -värdeskulminationen att inträffa ca 15 år senare än ovanstående tidsangivelser. Det är tydligt, att man då även vid tillämpning av så extremt höga prisrelationer som 0,9 kan anlägga det nya beståndet under det gamla utan att i nämnvärd grad överskrida den optimala omloppstidens ram.

Som mätare på resultatet av skogsskötseln använder vi emellertid ej  $W$ -värdet utan markvärdet. Det här planerade föryngringssättet måste på lämplig mark kostnadsmässigt vara avsevärt gynnsammare än skogsodling. Prisskillnaden mellan föryngringsåtgärderna kan i sådana fall röra sig om flera hundra kronor per hektar. Detta innebär att man, åtminstone vid tillämpning av f. n. gängse skogsbruksmetoder, på marker, som är lämpliga för skärmföryngring, i många fall kan räkna med avsevärt högre markvärden än de som bör gälla där skogsodling måste företas.

Den framlagda produktionstabellen får naturligtvis endast anses som ett isolerat exempel på resultatet av en beståndsvård med starka gallringar. Det är mycket möjligt att andra alternativ kan ge ännu bättre resultat. Den höggradiga mekanisering av drivningarna, som f. n. allmänt väntas inom stor-skogsbruket, kan dock medföra att man tvingas minska gallringarna och i stället öka slutavverkningarna. I det här redovisade tabellbeståndet är å andra sidan de uttagna virkeskvantiteterna vid varje ingrepp ovanligt stora. Den utgallrade volymen överstiger så gott som genomgående 60 m<sup>3</sup> sk per hektar.

### Kap. 18. Granskärmarnas produktionsförmåga

Det har tidigare framgått, att våra möjligheter att beskriva granens tillväxt efter skärmhuggningen är avsevärt ofullständigare än när det gäller tall. Som framgår av fig. 53 medför skärmhuggningen så gott som genomgående en minskning av granens årsringsbredder under 3 å 4 år. Först härefter synes en tillväxtökning komma igång. Tyvärr sträcker sig våra erfarenheter när det gäller årsringsutvecklingen endast över ett fåtal år efter skärmhuggningen,

varför möjligheter saknas, att med hjälp av det här insamlade materialet förutse den vidare tillväxten. Av denna orsak har det ej ansetts möjligt att framställa verklighetstroga produktionsserier för gran. Med ledning av resultat från en tidigare undersökning av Näslund (1942) och de framlagda produktionsserierna för tall, finns dock ett visst underlag för att i grova drag diskutera granskärmarnas ekonomi.

**Tab. 20. Exempel på radietillväxten uttryckt i relativtal efter genomhuggning i gammal granskog enligt Näslund (1942) och på vissa boniteter i de undersökta granskärmarna (jfr text).**

Relative values of radial growth recorded after felling operations in Norway spruce forests (NÄSLUND, 1942) and in some shelterwood stands of Norway spruce on sites of various qualities.

År Year	Reaktionskvoter Relative response			
	Myrtillusskog enl. Näslund Forest site cover of Myrtillus acc. Näslund	Bon. III—IV Site class III—IV	Geraniumskog enl. Näslund Forest site cover of Geranium acc. Näslund	Bon. II Site class II
0	1,00	1,00	1,00	1,00
1	0,90	0,97	1,05	0,95
2	0,95	0,89	1,05	0,95
3	0,90	0,90	1,29	1,10
4	0,99	0,99	1,39	1,35
5	1,09	1,07	1,79	
6	1,14		2,03	
7	1,14		2,23	
8	1,19		2,22	
9	1,23		2,46	
10	1,28		2,41	
11	1,28		2,36	
12	1,37		2,46	

I kapitel X (s. 90) skildrar Näslund reaktionens början och varaktighet efter genomhuggning i gammal norrländsk granskog. Genomhuggningarna har vanligtvis varit starka, med en genomsnittlig huggningsprocent på grundytan varierande mellan 44 och 53. Materialet är grupperat på vissa skogstyper och årsringsutvecklingen är uttryckt såsom reaktionskvoter, d. v. s. förhållandet mellan årsringsbredden ett visst år efter huggningstillfället och årsringsbredden för det sista året före huggningen. Även i Näslunds material framträder på de sämre skogstyperna samma tendens till försämring av årsringsbredderna under de första åren, som här konstaterats. På de bästa kan däremot en snabb reaktion iakttas. Tidpunkten för årsringsbreddens kulmination och tiden för reaktionens varaktighet är naturligtvis beroende av huggningsstyrkan. På de bättre skogstyperna kulminerar till-

växten vid ovanstående huggningsprocenter efter ca 10 år, på de sämre efter ca 15 år.

En jämförelse mellan reaktionskvoterna för vissa skogstyper enligt Näs-lund, vilka kan erhållas genom avläsning i hans fig. 31, med de relativa års-ringsbredder som här uppmätts på mot dessa skogstyper någorlunda korres-ponderande boniteter (jfr s. 22 och 28), återges i tab. 20. I Näslands kvoter är den av åldern betingade successiva men svaga nedgången i årsringsbred-derna, det s. k. åldersavtagandet, eliminerat. Därför har kvoterna omräknats med ledning av erfarenhetstal publicerade av Eklund (1954). Våra jämförel-semöjligheter omfattar som synes endast 4 à 5 år. Överensstämmelsen mellan de båda materialgrupperna är dock under dessa år rätt god. Vi antar därför, att Näslands kvoter även kan användas att skildra årsringsutvecklingen under de följande åren vid skärnhuggning i granbestånd med den ovan an-givna styrkan.

Med dessa förutsättningar som grund kan den approximativa diameterut-vecklingen i lämpligt täta granskärmar återges. Vid samma diameter, höjd och årsringsbredd i detta åldersstadium, och vid enkel värdering med relativa priser, är tallens och granens volym- och värdeökning relativt likartad. Det har dessutom visats (s. 168), att några större skillnader ej heller föreligger i fråga om dimensionssammansättningen i tall- och granskärmar. Väljes där-för en realistisk prisrelationsnivå bör man med ledning av någon lämplig produktionsserie för tall någorlunda naturtroget kunna beräkna tillväxten i en granskärm med samma utgångsläge. Följande tillvägagångssätt användes därvid.

**Tab. 21 Jämförelse mellan den löpande avkastningen per hektar utöver 3 % förränt-ningskrav på rotvärdet i tall- och granskärmar med samma utgångsläge ( $q = 0,6$ ).**

Comparison between Scots pine and Norway spruce with respect to the current yield in excess of 3 per cent rate of interest on the stumpage value in shelterwood stands with equal outset ( $q = 0,6$ ).

Träd- slag Species	Bon. (Jonson) Site class (Jonson)	Ålder, år Age, years	Stamant. per ha No. trees per hectare	Medel- diam. cm Mean diam. cm	$p_k$	$P_{30}$ år 0 $P_{30}$ year 0	År efter skärnhuggning Years after shelterwood setting			
							0	4	8	12
							Årlig avkastning, kr. Annual return, kr (Sw).			
Tall Pine	IV	120	180	25,4	0,60	40	+ 14	+ 62	+ 88	+ 75
Gran Spruce	III—IV	—	180	25,4	0,00	35	— 6	— 9	+ 6	+ 20
Tall Pine	IV	120	180	28,0	0,53	40	— 8	+ 38	+ 47	+ 43
Gran Spruce	III—IV	—	180	28,0	0,00	35	— 14	— 20	— 8	+ 8

Som lämpliga utgångstabeller för räkningarna valdes tallserierna 01 och 03 gällande bonitet IV med 180 stammar per hektar och 10 resp. 11 tums utgångsdiameter. Det antogs, att årsringsbredden före skärnhuggningen var densamma i gran- och i tallskärmarna, 1,10 mm.

Med ledning av Näslunds serie över reaktionskvoten efter skärnhuggningen för »Myrtilluskog» kunde nu granskärmarnas medeldiameter beräknas för vart och ett av de följande 12 åren. Höjdtillväxten antogs överensstämma i de båda skärnalternativen, vilket knappast kan innebära, att någon allvarlig felkälla införts. Genom interpolation i fig. 66 kunde sedan med ledning av den aktuella medeldiametern och årsringsbredden ett mått erhållas på värdetillväxtprocenten under varje år efter skärnhuggningen. Samma prisrelation (0,6) tillämpades såväl för tall som gran. Detta måste innebära att det senare trädslaget gynnas vid jämförelsen. Härefter kunde granskärmarnas beståndsvärde och löpande avkastning utöver 3 procents förräntning beräknas vid de för oss intressanta tidpunkterna 0, 4, 8 och 12 år. 30 cm-trädets kubikmeterpris bör sättas lägre för tall än för gran. I detta exempel valdes  $P_{30}$  för tall som tidigare = 40 kronor år 0. För tallen kan man räkna med en viss kvalitetsvärdetillväxt. I granskärmarna saknas däremot anledning till detta samtidigt som ett lägre virkesvärde måste väljas (i detta exempel:  $P_{30} = 35$  kronor).

Som framgår av tab. 21 ger tallskärmarna avsevärt mycket bättre löpande avkastning än granskärmarna, om dessa växer på det ovan antagna sättet. Detta trots att medeldiametern i exemplen är förhållandevis låg och därför med hänsyn till tillväxten medger en ovanligt hög förräntning av rotvärdet. Vi torde i själva verket, i detta åldersstadium och på denna marktyp, knappast kunna vänta oss att någonsin uppnå en bättre värdeavkastning i granskärmar. Trots detta erhåller man på denna bonitet årliga underskott under minst 8 till 12 år. Detta måste medföra de allvarligaste återverkningar på ekonomin hos skärmföryngring under gran. Ett något gynnsammare resultat kan tänkas uppstå i granskärmar på mer reaktionsvilliga skogstyper. Att döma av reaktionskvoterna i tab. 20 synes Näslunds »Geraniumskog» inom här ifrågavarande område kunna jämföras med Jonsons bonitet II. På så god mark har man anledning vänta, att granskärmarna skall reagera både snabbare och kraftigare för skärnhuggningsingreppet. Å andra sidan är säkerligen medeldiametern i sådana bestånd som vi i dag finner lämpliga för skärnhuggning mycket hög, kanske 12 à 13 tum eller mer. Eftersom endast relativt höga prisrelationer kan tillämpas för gran, måste våra krav på radietillväxten i så grova bestånd ställas högt för att en önskvärd förräntning av virkeskapitalet skall uppnås. Härtill kommer att markvärdena på bonitet II är avsevärda vilket ytterligare pressar upp våra krav på tillväxten.



Fig. 69. Höjdlägeskärmar av gran med insprängd tall. Olämplig typ. Träden gamla och slitna. Tillväxten låg och kottproduktionen svag. Frisk blåbärsristyp.

Highland shelterwood of Norway spruce with admixture of Scots pine. Unfeasible type. The trees are old and torn. Increment is low and the yield of cones is poor. Fresh forest site with blueberry shrub.

Sammanfattningsvis kan sägas, att våra möjligheter att få ett önskvärt ekonomiskt utbyte ur granskärmar uppkomna ur sådana bestånd som för närvarande kan tjäna som utgångspunkt för skärnhuggning, måste bedömas som ganska små. Med den ålderssituation i åtanke, som för närvarande kännetecknar den föryngringsmogna skogen inom området, kan vi endast vänta oss att erhålla en snabb diametertillväxt på de allra bästa markerna. Här har emellertid träden vanligtvis redan uppnått så grova dimensioner, att skärföryngring av produktionsekonomiska skäl ej kan rekommenderas.

Våra enda möjligheter att uppnå skälig förräntning av virkeskapital och markvärde vid skärföryngring under gran är tydligen, att starta föryn-



ringsskedet på ett tidigare stadium, som kännetecknas av att träden är klenare och reaktionsvilligare. Eftersom granföryngringen vid lämplig beståndsbehandling visat sig kunna uppkomma även i mycket täta skärmar, ligger det nära till hands att undersöka möjligheterna att anlägga det nya beståndet redan inom den optimala omloppstidens ram. Detta är säkerligen möjligt på goda marker i gynnsamma klimatlägen (jfr Hagner 1962). På sämre skogstyper blir däremot föryngringsresultatet starkt beroende av mer eller mindre sporadiskt inträffande fröår. I dessa fall är också vid generationsväxlingen en övergång till tall vanligtvis aktuell.

Granens dåliga ekonomi som skärmträd medför vidare att blandskärmens existensberättigande kan ifrågasättas. Sannolikt är det bättre, åtminstone om stormfällningsrisken anses liten, att låta tallen få ta hela markytan i anspråk, även om skärmen därigenom blir rätt gles.

### Kap. 19. Något om alternativa föryngringskalkyler

Som tidigare påpekats bör man alltid vid skärmföryngring beakta metodens kostnadsläge i förhållande till andra alternativ. Detta kan ske med hjälp av föryngringskalkyler, t. ex. genom jämförelser mellan det framtida ekonomiska resultatet av skogsskötseln vid det ena eller andra tillvägagångssättet. Med tanke på de inom området för närvarande rådande skogsförhållandena inskränker sig de övriga föryngringsalternativen vanligtvis till kalavverkning och någon form av skogsodling. Naturlig föryngring under fröträd kan vi här betrakta som en extrem form av skärmföryngring. Denna metod bör därför lämpligen ingå i en förkalkyl, vid vilken det bästa skärmföryngringsalternativet väljes.

De inkomst- och kostnadsposter, som i första hand bör beaktas vid kalkylen är följande:

a. Det till beståndets födelseår diskonterade värdet av samtliga framtida nettoavkastningar med avdrag för allmänna omkostnader ( $W$ ). För att ej komplicera resonemangen förutsätter vi därvid att  $W$  ej påverkas av den föryngringsmetod som väljes.

b. Nuvärdet av samtliga föryngringskostnader i händelse av skogsodling ( $C_k$ ), liksom motsvarande kostnad vid skärmföryngring ( $C_s$ ), t. ex. hyggesrensning, markberedning och en framtida plantröjning.

c. Nuvärdet av skärmträdens årliga avkastning under skärmperioden utöver förräntning av mark- och virkeskapital ( $I$ ). Denna post räknas som en kostnad om underskotten överväger.

d. Vid skärmföryngring har man i vissa fall att räkna med kostnadsök-

ningar. Av dessa bör särskilt fördyrad avverkning nämnas (nuvärde =  $F$ ), men kostnadsökningar i form av fördyrad administration m. m. kan också uppstå (nuvärde =  $K$ ).

Om vi i detta förenklade resonemang till en början förutsätter, att valet står mellan omedelbar avverkning och kultur eller skärnhuggning med en åtföljande skärmperiod under  $n$  år kan vi vid räntefoten  $p$  anse det senare alternativet förmånligare om:

$$W - C_k < \frac{W}{1,0p^n} + I - C_s - F - K \dots\dots\dots (32)$$

Det förutsättes att föryngringsåtgärderna i skärmen avpassas så, att  $W$  uppnås när skärmperioden är till ända.

I vissa fall vill man spara överårig skog, t. ex. av ransoneringshänsyn. Som alternativ kan en skärmperiod insättas, vilken i detta fall kan anses som en förberedande föryngringshuggning. Vi förutsätter därvid att ransoneringskraven även tillgodoses om (täta) skärmar ställas. Genom att bedöma nuvärdet av det kvarstående, icke skärnhuggna beståndets årliga avkastning utöver förräntningen av mark- och virkeskapital ( $L$ ) under de  $m$  år som ett kvarhållande är aktuellt, kan skärmalternativet anses överlägset om:

$$\frac{W}{1,0p^m} - C_k + L < \frac{W}{1,0p^n} + I - C_s - F - K \dots\dots\dots (33)$$

Om de årliga underskotten i det icke skärnhuggna beståndet överväger, vilket får anses mycket vanligt, utföres  $L$  som en kostnadspost. Det bör understrykas, att det markvärde vilket kräves förräntat, naturligtvis bestämmes av den mest gynnsamma skogsskötselmetoden.

Vid skärnhuggning i kontinuerligt vårdade bestånd bör som visats åtgärden kunna insättas utan  $W$ -värdesförsämring så att det nya beståndet är anlagt redan vid omloppstidens slut. Det markvärde ( $B$ ) som i så fall uppnås kan skrivas:

$$B = W - C \dots\dots\dots (34)$$

om  $C$  = samtliga i  $C_s$  ingående kostnader omräknade till den tidpunkt då skärmen avvecklas. Förutsatt att inga betydelsefulla kostnadsstegringar erhållas vid detta skogsbrukssätt bör man, eftersom  $C_s$  vanligtvis är lägre än  $C_k$ , på passande marker kunna räkna med ett högre markvärde än om skogsodling tillgripes.

I denna undersökning har så gott som uteslutande intresse ägnats åt möjligheterna att avlägsna skärmträden i en enda etapp. Under vissa förutsättningar kan det dock vara lämpligt att företa successiva utglesningar. Produktions- och föryngringsskedet kommer i så fall s. a. s. att gå »om lott». Detta försvårar ekonomiska beräkningar. Förslag till kalkylmetoder för sådana fall

har framlagts av bl. a. Petrini (1936). Med ledning av våra tidigare erfarenheter står det dock klart, att genom de upprepade utglesningarna skärmträdens tillväxt visserligen kan hållas på en hög nivå, men också att den ekonomiskt sett gynnsamma effekten härav måste motverkas genom att medeldiametern snabbt kommer att öka. Metoden fordrar därför, att ständig uppsikt hålles på såväl radietillväxten som på medeldiametern så att ej skärmen tillåtes bli oräntabel innan den avlägsnas. Som tidigare nämnts bör det dock vid en sådan successiv utglesning ur ekonomisk synpunkt vara fördelaktigt att söka hålla nere medeldiametern genom uttag av grova träd. Något undersökningsmaterial, som kan belysa konsekvenserna av ett sådant huggningsprogram, finnes dock ännu ej tillgängligt. Vid skärmhuggning av detta slag måste man också beakta möjligheterna av en nedgång hos *W*, för den händelse det självsådda beståndet blir luckigt och ojämnt genom närvaron av glest stående, konkurrerande skärmträd.

Även om en sålunda utförd kalkyl visar att skärmalternativet är fördelaktigt, kan, om träden står glest, markens massa- och värdeproducerande förmåga vara påtagligt nedsatt. Detta måste anses som en nackdel, vilken bör beaktas. Man bör därför enligt författarens mening i främsta rummet välja alternativ där samtidigt som ett gott ekonomiskt resultat erhålles, också markens produktionsförmåga höggradigt utnyttjas.

## VI. Skärföryngringsmetodens möjligheter och begränsningar

*(Sammanfattning av undersökningens huvudresultat)*

Vid den analys som utförts av skärföryngringsmetoden, praktiserad i mellersta Norrland, har önskemålet om en allsidig granskning av olika betydelsefulla förhållanden stått i främsta rummet. Först efter ett grundligt inträngande i hela faktorskomplexet kan en objektiv uppfattning erhållas om metodens möjligheter och begränsningar. Det har också varit författarens strävan att presentera undersökningsresultaten på ett sådant sätt, att de på enklaste sätt kan utnyttjas för prakiska rekommendationer till skogsskötaren. Det står dock klart, att några generella regler för metodens användning ej kan ges, utan en anpassning måste företas från fall till fall beroende på de specifika skogsbruksförhållandena. I detta sammanfattande avsnitt skall därför endast en redogörelse lämnas för undersökningsresultat av mer generell räckvidd.

Den utförda analysen har klart visat, att tallens och granens egenskaper som skärmträd är mycket olika. Detta gäller såväl värdeproduktionen som föryngringsalstringen. Granen är sålunda nyckfull vad beträffar frösättningen, och dess förmåga att öka sin tillväxt efter skärmhuggningen är dålig. Tallens fröproduktion är däremot, åtminstone på måttliga höjdnivåer, tämligen jämnt fördelad i tiden. Fröskördarnas storlek kan dessutom, i motsats till granens, väntas öka efter friställningen. Tillväxtreaktionen sker vidare snabbt hos skärmställda tallar. Granen förekommer ofta på sådan mark inom området där i samband med generationsväxlingen ett byte av trädslag till tall är önskvärt. I sådana fall är det naturligtvis olämpligt att arbeta med granskärmar. Dessas existensberättigande är därför i huvudsak begränsade till relativt goda, inom området sällan förekommande boniteter, vilka man vanligtvis finner på låga nivåer.

På frisk mark sker tallföryngringens invandring i osårat humustäcke ytterst långsamt. Markberedning måste därför här anses som en angelägen åtgärd för att snabbt åstadkomma ett tillräckligt tätt plantuppslag. I granskärmar på passande mark och i måttliga höjdlägen kan däremot en tät föryngring uppkomma utan markberedning, om ett gott fröår inträffar i nära anslutning till skärmhuggningen (före eller efter).

Skärmens täthet har visat sig betydelsefull ur flera aspekter. Sålunda påverkas plantantalet i de flesta fall av skärmtätheten, vanligtvis så att individrikenheten ökar med ökande täthet. Förhållandet är dock det motsatta be-

träffande tallföryngring på torr ristyp. Här är numerären störst i glesa skärmar.

Ur föryngringssynpunkt är stamantalet det viktigaste täthetsbegreppet. Trädens dimensioner har vid en och samma besåning ej visat sig utöva nämnvärd effekt på plantantalets numerär. Plantornas höjdtutveckling hämmas märkbart av skärmlträden, men är även vid relativt höga stamantal fortfarande påtaglig.

Av stormfasthetsskäl bör täta skärmar föredras framför glesa. Skadefrekvensen har varit förhållandevis liten i skärmar med mer än 200 stammar per hektar.

Även om ur föryngringssynpunkt främst skärmtätheten och i mindre grad trädens dimensioner är av betydelse, måste dock dessa förhållanden beaktas samtidigt när man vill bedöma skärmoställningens ekonomi. Sålunda är den löpande massa- och värdeproduktionen avsevärt större i täta, virkesrika skärmar än i glesa. För att skärmlträden skall kunna förränta det i produktionen bundna virkeskapitalet fordras en med ökande träddimension allt högre tillväxt. Det är därför av yttersta vikt, att man då en skärmoställning planeras, bedömer vilken värdetillväxtprocent som kan väntas med hänsyn till bonitet och träddimensioner. Kommer skärmlträden att stå glest, måste risken för en formförsämring beaktas. Gäller bedömningen tall, bör man räkna med en viss, icke obetydlig kvalitetsvärdetillväxt hos skärmlträden.

Ståndortens höjd över havet har inom området utomordentligt stor betydelse för våra möjligheter att bedriva skärmföryngring. Med stigande höjd blir plantuppslaget allt glesare, främst på grund av trädens avtagande fröproduktionsförmåga. Den försämrade föryngringsvilligheten kan kompenseras genom att vid markberedning allt fler eller större fläckar tas upp, eller genom att på torra, lättföryngrade tallmarker långa skärmperioder planeras. I tallskärmar på frisk mark, där markberedning är nödvändig, synes inom området lönsamhetsgränsen med i dag tillgängliga markberedningsaggregat nås vid drygt 400 m. ö. h. Användes mycket kraftigt markavflående maskiner, bör höjdgränsen kunna flyttas upp något 100-tal meter. I granskärmar kan, under förutsättning att Tmb insättes lagom till ett gott fröår, godtagbara plantuppslag erhållas även på höga nivåer. Sådana tillfällen inträffar dock i berörda trakter så sällan, att en användning av skärmföryngringsmetoder, som måste inriktas på att utnyttja dessa fröfall, knappast kan anses praktiskt användbara.

Undersökningsresultaten är naturligtvis i första hand ägnade att utnyttjas inom det berörda området. Att döma av analyser, som utförts över kottsättning och frökvalitet i olika landsdelar, verkar det dock sannolikt, att på friska marker skärmföryngring under tall i samband med traktormarkberedning bör vara användbar i hela södra och mellersta Sverige oberoende av höjdläget.



det vid skärmens avveckling bildade hyggesavfallet. Täckningsgraden hos detta är låg även efter täta skärmar. Träden bör dock fällas i olika riktningar, så att ej rissträngar bildas.

Liksom de flesta föryngringsmetoder kännetecknas den här behandlade av, att kostnaden för dess bedrivande ökar ju sämre klimatförhållanden som råder. I extrema lägen måste den sparsamma fröproduktionen kompenseras genom ett omfattande, kostsamt markberedningsarbete, eller genom långa, ofta förlustbringade föryngringstider. I sådana fall måste fördelaktigare föryngringsalternativ sökas, som ger bättre netto åt skogsbruket. På gynnsammare lokaler åter medger metoden, rätt använd, att individrika plantbestånd anläggas på kort tid och till låg kostnad. Även här har dock metoden sina givna begränsningar, om vilka man bör äga god kännedom. Huvudändamålet med den redovisade undersökningen har varit att öka kännedomen inte bara om skärmföryngringsmetodens möjligheter, utan även om dess begränsningar, såväl ur biologisk som ekonomisk synvinkel. Ännu återstår mycket arbete för att bilden skall fullständigas. Det är därför av vikt att fortsatta undersökningar bedrivs på detta område. En framtida analys av resultaten från skogsforskningsinstitutets fasta skärmförsök bör sålunda medge att kunskaperna fördjupas om föryngringsmetodens förutsättningar i andra delar av vårt land.

## Litteraturförteckning

### References

- AMILON, J. A., 1923: Skogsskötseln och dess förutsättningar. — Stockholm.
- ANDERSSON, S.-O., 1957: Produktionstabeller för norrländska tallplanteringar med olika stamantal. — Stencil.
- 1961: En kalkyl över lönsamheten hos skogsbruk med få gallringar. — NST.
- 1962: Produktionstabeller för norrländska tallplanteringar. — Band 51: 3. Ännu ej publicerad. Forthcoming paper.
- ARNBORG, T., 1942: Lågaföringringen i en sydlappländsk granurskog. — SST.
- 1943: Granberget. En växtbiologisk undersökning av ett sydlappländskt granskogsområde med särskild hänsyn till skogstyper och föringring. — Uppsala och Stockholm.
- 1947: Det nordsvenska skogstypsschemat. Andra uppl. — Stockholm.
- 1947: Föringringsundersökningar i mellersta Norrland. — NST.
- ATLAS ÖVER SVERIGE: Utgiven av Svenska sällskapet för Antropologi och Geografi. — Stockholm.
- BAKER, F. S., 1934: Theory and Practice of Silviculture. — New York and London.
- BARTH, A., 1929: Skjermforyngelsen i produksjonsøkonomisk belysning. — AFF, 34:15..
- 1938: Skogsskjøtsel på biologisk grunnlag. — Oslo.
- BJÖRKMAN, E., 1945: Studier över ljusets betydelse för föringringens höjdtillväxt på norrländska tallhedar. — MSS, Häfte 34.
- BRAATHE, P., 1952: Undersökelse over utviklingen av glissen gjenvekst av gran. — MDNS, Bind XII.
- 1960: Mosedeckets og humusdekkets virkning på spiring og utvikling av granplanter. — Norsk skogbruk nr 13—14.
- BÜHLER, A., 1922: Der Waldbau. Zweiter Band. — Stuttgart.
- CALLIN, G., 1947: Om markberedning med traktor. — NST.
- 1949: Redogörelse för några markberedningsförsök med häst- och maskindragna redskap. — MSS, Band 38:1.
- CARBONNIER, C., 1959: Gallringsförsök i naturbestånd av tall i Norrbottens län. — SST.
- CROSSLEY, D. I., 1952: White spruce reproduction resulting from various methods of forest soil scarification. — Dep. of Resources and Development, Ottawa. Silvicultural research note No. 102.
- DENGLER, A., 1944: Waldbau auf ökologischer Grundlage. Dritte Aufl. — Berlin.
- EIDE, E., 1954: Skogsrøkt. Lantbrukets brevscole, Brev 5. — Oslo.
- EKLUND, B., 1942: Studier över årsringsvariationerna å Malingsbo fasta provyta nr 1. — SST.
- & HUSS, E., 1946: Undersökningar av äldre skogskulturer i de nordligaste länen. — MSS, Band 35:6.
- 1954: Årsringsbreddens klimatiskt betingade variation hos tall och gran inom norra Sverige åren 1900—1944. — MSS. 44:8.
- ENEROTH, O., 1931 a: Om skogstyper och föringringsförhållanden inom Lappmarken. — NST.
- 1931 b: Skärmföringring. (Offentlig föreläsning i självvalt ämne å skogshögskolan den 29/II 1929). — »Skogvaktaren».
- 1934: Om skogstyper och föringringsförhållanden i Lappmarken. — NST.
- 1936: Om skogstyperna och deras praktiska betydelse. — Kungl. Lantbruksakad. handl. 75.
- 1937: Om gransjälvsådden på några gamla kalhyggen. — NST.
- 1945: Om frömängden vid fläcksådd samt om sambandet mellan plantantal pr ha och slutenhetsgrad vid självsådd. — NST.
- FAHLCRANTZ, E. G., 1901: Undersökning af ljusningstillväxten (Lichtungs-zuwachs) hos tallen vid fullständig friställning. — Tidskr. för skogshushållning, Årg. 29, N:o 3.
- FORSLUND, K.-H., 1944: Något om djurlivets inverkan på barrskogens naturliga föringring. — SST.
- FREDÉN, E., 1958: Maskinell markberedning i norrländskt storskogsbruk. — NST.



- FRIES, J., 1958: Skogsmarkens produktionsförmåga enligt några av skogsforskningsinstitutets produktionstabeller. — SST.
- GEIGER, R., 1926: Späthfröste auf den Forstfläcken bei München. — Forstwissenschaftl. Centralblatt, Jahrg. 48:2.
- GERMETEN, F., 1947: Vegetasjons- og jordundersøkelser av markberedningsfelter. — MDNS, Bind IX.
- GHOSH, B., 1943: On the distribution of random distances in a rectangle. — Science and Culture, 8:388.
- GRINNDAL, TH., 1911: Om markberedning för själsådd. — SST.
- HAGBERG, N., 1942: Stamformens förändring hos tall och gran under beståndsutvecklingen och efter friställning. — SST.
- HAGEM, O., 1917: Furuens og granens frøsetning i Norge. — Medd. fr. Vestlandets forstl. forsøksstation. Bind 1.
- HAGNER, S., 1955: Iakttagelser över granens kottproduktion i norrländska höjdlägen kottåret 1954. — NST.
- 1957: Om kott- och fröproduktionen i svenska barrskogar. — MSS, Band 47:8.
- 1962: Ett exempel på beståndstätthetens betydelse för den naturliga föryngringens uppkomst och utveckling på god granmark i Skåne. — »Skogen», nr 2.
- HAGSTRÖM, B. & MAGNUSSON, V., 1952: Prestationer och kostnader vid maskinell markberedning. — SST.
- HAWLEY, R. C. and SMITH, D. M., 1954: The practice of silviculture. Sixth. Ed. — New York and London.
- HEIKINHEIMO, O., 1932: Metsäpuiden siementämiskyvystä I. Referat: Über die Besamungsfähigkeit der Waldbäume I. — CIFF, 17:3.
- 1937: Metsäpuiden siementämiskyvystä II. Referat: Über die Besamungsfähigkeit der Waldbäume II. — CIFF, 24:4.
- 1948: Frösättning och fröar. — NST.
- 1949: För våra förhållanden lämpliga metoder vid förnyelsehuggnig. — NST.
- HELMS, J., 1925: Skovdyrkningslære. — København.
- HERTZ, M., 1932: Tutkimuksia aluskasvillisuuden merkityksestä kuusen uudistumiselle Etelä — Suomen kangasmailla. Referat: Über die Bedeutung der Untervegetation für die Verjüngung der Fichte auf den Südfinnischen Heideböden. — CIFF, 17:4.
- HESSELMAN, H., 1910, 1919: Studier över de norrländska tallhedarnas föryngringsvillkor. I och II. — SST.
- 1917: Om våra skogsföryngringsåtgärders inverkan på salpeterbildningen i marken och dess betydelse för barrskogens föryngring. — MSS, Häfte 13—14:2.
- 1926: Studier över barrskogens humustäcke, dess egenskaper och beroende av skogsvården. — MSS, Häfte 22.
- 1934: Några studier över fröspridningen hos gran och tall och kalhyggets besåning. — MSS, Häfte 27.
- 1937: Om humustäckets beroende av beståndets ålder och sammansättning i den nordiska granskogen av blåbärsrik Vaccinium-typ och dess inverkan på skogens föryngring och tillväxt. — MSS, Häfte 30.
- 1938: Fortsatta studier över tallens och granens fröspridning. — MSS, Häfte 31.
- HOLMGREN, A., 1914: Blädning och traktuggnig i Norrlandsskogarna. — NST.
- & TÖRNGREN, E., 1932: Studier i den norrländska föryngringsfrågan. — NST.
- 1942: Bidrag till kännedomen om de norrländska gamla råhumusgranskogarna med särskild hänsyn till deras avverkning och föryngring. — NST.
- HOLT, L., SWAN, H. S. D. & WEETMAN, G. F., 1956: Forest soil scarification. Pulp and paper res. inst. of Canada. Woodlands res. index. 98. Montreal.
- JACOBS, M. R., 1954: The effect of wind sway on the form and development of Pinus Radiata D. Don. — Australian Journal of Botany Vol. 2:1.
- JONSON, T., 1929: Massatabeller för träduppskattning. Femte uppl. — Stockholm.
- JUHLIN-DANNFELT, M., 1954: Skogsskötsel. Lärkurs för statens skogsskolor. — Stockholm.
- KALELA, E. K., 1949: Männiköiden ja kuusiköiden juurisuhhteista I. Referat: On the horizontal roots in pine and spruce stand I. — AFF, 57:2.
- 1954: Om huggnig i skärmställning. — »Skogsbruket», Helsinki.
- KALLIN, K. E., 1926: Föryngringsstudier i Norrlands skogar, utförda under åren 1922—1924. — Stockholm.
- KOLMODIN, G., 1935: Väderlekens inflytande på tallens diametertillväxt. — SST.

- KUGELBERG, V., 1958: Skärmställning och överståndare. — SST.
- KUJALA, V., 1927: Untersuchungen über den Bau und die Keimfähigkeit von Kiefern- und Fichtensamen in Finnland. — CIFF, 12.
- LARSSON, O. & STRAND, H., 1958: Tallöverståndarnas ekonomi. Examensarbete utfört sommaren 1957. Stencil. — Inst. för skogsskötsel, Skogshögskolan, Stockholm.
- LEHTO, J. 1956: Tutkimuksia männyn luontaisesta uudistumisesta Etelä-Suomen kangasmailla. Referat: Studies on the natural reproduction of Scots pine on the upland soils of southern Finland. — AFF, 66:2.
- LUNDQVIST, B., 1957: Om höjdtutvecklingen i kulturbestand av tall och gran i Norrland. — MSS, Band 47:2.
- MALMBERG, C. E., 1956: Maskinell markberedning — översikt och önskemål. — Maskinteknik i jord och skog, 10.
- MATÉRN, B., 1960: Spatial variation. — MSS, Band 49:5.
- NYBLUM, E., 1927: Formförändring hos helt friställda träd. — SST.
- NÄSLUND, M., 1935: Ett gallringsförsök i stavagranskog. — MSS, Häfte 28.
- 1936: Skogsförsöksanstaltens gallringsförsök i tallskog. Primärbearbetning. — MSS, Häfte 29.
- 1940: Funktioner och tabeller för kubering av stående träd. Tall, gran och björk i norra Sverige. — MSS, Häfte 32.
- 1942: Den gamla granskogens reaktionsförmåga efter genomhuggning. — MSS, Häfte 33.
- 1947: Funktioner och tabeller för kubering av stående träd. Tall, gran och björk i södra Sverige samt i hela landet. — MSS, Band 36:3.
- 1955: Siljansfors försökspark. — NST.
- PETRINI, S., 1936: Om kantträdens reaktion vid friställning och överbeståndets produktion vid skärmföryngring. — MSS, Häfte 29.
- 1937: Kulturkostnader och väntetid för naturlig föryngring. — SST.
- PETTERSON, H., 1934: Några synpunkter på metodiken vid korrelationsanalys. — SST.
- 1950: Om skogsvårdslagens tillämpning. — MSS, Band 39:2.
- PLOCKMANN, R., 1958: Raum und Zeit in süddeutschen Naturverjüngungsverfahren. — Forstwissenschaftl. Centralblatt, Jahrg. 77.
- ROMELL, L.-G. & MALMSTRÖM, C., 1945: Henrik Hesselmanns tallhedsförsök åren 1922—1942. — MSS, Häfte 34.
- SAMSET, I., 1951: Markberedning med maskiner og håndkraft. — MDNS, Bind XI.
- SARVAS, R., 1943: Tukkipuun harsintojen vaikutus Etelä-Suomen yksityismetsiin. Referat: Einwirkung der Sägestamplenterungen auf die Privatwälder Süd-Finnlands. — CIFF, 33:1.
- 1947: Tutkimuksia koivun uudistumisesta Etelä-Suomessa. Referat: A research on the regeneration of birch in South-Finland. — CIFF, 35:4.
- 1949: Siemenpuuhakkuu männikön uudistushakkuuna Etelä-Suomessa. Referat: Seed-tree cutting as a regeneration method in Scots pine forests in southern Finland. — CIFF, 37:5.
- 1957: Studies on the seed setting of Norway spruce. — MDNS, Bind XIV.
- 1962: Investigations on the flowering and seed crop of *Pinus silvestris*. — CIFF, 53:4.
- SCHOTTE, G., 1924a: Några norrländska skogsföryngringsproblem II. — MSS, Häfte 21.
- 1924b: Ytterligare om norrländska tallfröets grobarhet 1923—1924. — MSS, Flygblad nr 32.
- SIRÉN, G., 1948: Ett bidrag till frågan om tall- och granplantornas konkurrensförmåga under första vegetationsperioden. — »Skogsbruket», s. 295, Helsinki.
- 1955: The development of spruce forest on raw humus sites in northern Finland and its ecology. — AFF, 62:4.
- SOU (Statens off. utredningar), 1932:26: Uppskattning av Sveriges skogstillgångar verkställd åren 1923—1929. — Redogörelse avgiven av riksskogstaxeringsnämnden.
- 1949:60: Betänkande med förslag till grunder för taxering av skogsmark och växande skog.
- STRAND, L., 1954: Mål för fördelning av individer över ett område. — MDNS, Bind XII.
- STRIDSBERG, E., 1956: Prisförändringarnas inverkan på omloppstiden. — Kungl. Skogshögskolans institutioner skogsekonomi — skogsuppskattning med skogsindelning. Uppsatser nr 1.
- TIRÉN, L., 1934: Några iakttagelser över den naturliga föryngringens uppkomst på Kulbäckslidens försökspark. — SST.
- 1945: Erfarenheter av naturlig föryngring. — SST.

- 1946: Traktorn och skogsodlingsfrågan. — »Skogen», Nr 2.
- 1949: Om den naturliga föryngringen på obrända hyggen i norrländsk granskog. — MSS, Band 38:9.
- 1951 a Om hyggesgranen och dess betydelse för de norrländska granskogshyggenas föryngring. — MSS, Band 39:8.
- 1951 b: Om försök med sådd av tall- och granfrö i Norrland. — MSS, Band 41:7.
- 1953: Jämförelser mellan olika såddmetoder. — MSS, Band 43:9.
- 1955: Om kostnaden för sådd och vissa andra föryngringsmetoder. — MSS, Band 45:II.
- VAARTAJA, O., 1950: Om factors affecting the initial development of pine. — *Oikos* 2:1.
- 1951: Alikasvosasemasta vapautettujen männyn taimistojen toipumisesta ja merkityksestä metsänhoidossa. Referat: On the recovery of released pine advance growth and its silvicultural importance. — *AFF*, 59 (58:3).
- WAHLGREN, A., 1922: Skogsskötsel. Andra uppl. — Stockholm.
- WALLMO, U., 1897: Rationell skogsafverkning. — Stockholm.
- VANSELOW, K., 1931: Theorie und Praxis der natürlichen Verjüngung im Wirtschaftswald. — Neudamm.
- WIEDEMANN, E., 1950: Ertragskundliche und Waldbauliche Grundlagen der Forstwirtschaft. — Frankfurt am Main.
- WITTICH, W., 1955: Die standörtlichen Bedingungen für die natürliche Verjüngung der Kiefer und für die Erziehung unter Schirm. — *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*. Jahrg. 126.
- WRETLIND, J. E., 1931: Bidrag till belysande av de norrländska tallhedsproblemen. — NST.
- 1934: Bidrag till belysande av föryngringsbetingelserna på övre Norrlands tallhedsmarker. — NST.
- YLI-VAKKURI, P., 1961: Kokeellisia tutkimuksia taimien syntymisestä ja ensi kehityksestä kuusikoissa ja männiköissä. Referat: Experimental studies on the emergence and initial development of tree seedlings in spruce and pine stands. — *AFF*, 75:1.
- ÅNGSTRÖM, A., 1938: Lufttemperatur och temperaturanomalier i Sverige 1901—1930. — Medd. fr. stat. meteorologisk-hydrografiska anstalt. Band 7:2.
- ÖRTENBLAD, TH., 1893: Om skogar och skogshushållning i Norrland och Dalarna. — Bi-hang till Domänstyrelsens underdåniga berättelse år 1893.

#### Förkortningar:

##### Abbreviations:

- AFF: Acta forestalia fennica.
- CIF: Communicationes instituti forestalis fenniae.
- MDNS: Meddelelser fra det norske skogforsøksvesen.
- MSS: Meddelanden från statens skogsförsöksanstalt resp. skogsforskningsinstitut.
- NST: Norrlands skogsvårdsförbunds tidskrift.
- SST: Svenska skogsvårdsföreningens tidskrift.

## Summary

### Natural regeneration under shelterwood stands

The investigation was initiated by collaboration between the Forest Research Institute and a large forestry company, the Swedish Cellulose Company (SCA). The aims and layout of the investigation are characterized by this background. A study of the usefulness of the shelterwood regeneration method from the point of large scale forestry was thus considered of primary interest. To reduce the costs in forestry, it is necessary to operate with large units of treatment that facilitate a mechanization of the various kinds of work. This will accommodate a certain standardization of the silvicultural measures without a desertion of the requirements for an even and satisfactory biological result. The possibilities of establishing new stands by mechanized scarification of the sites have therefore been subject to special attention since variations with respect to the density of the shelterwood stand, the forest site type, etc. may then be expected to play a lesser rôle than in the case when the establishment of a new regeneration is regulated only by a gradual thinning of the shelterwood stand.

### General

The term shelterwood is here applied to stands of mature trees left partly to utilize effectively the productive capacity of the site and partly to restock the area by natural dissemination of seed. Shelterwood stands thus occupy an intermediate position between heavily thinned preharvest stands entirely used for timber production and seed-tree settings the main purpose of which is to reforest the sites. The properties of the shelterwood stands have here been studied with respect to both yield value and reproductive ability. Density of the shelterwood stands has mostly been discussed with particular attention to its importance from a biological-economic point of view. In order not to burden the presentation with different terms, the term shelterwood has been used both when the stand was so open that the term seed-tree setting would be more appropriate and when so dense that the conditions approach those of a closed stand.

The main species in the investigation are Scots pine (*Pinus silvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* L.) but seedlings of birch (*Betula verrucosa* and *B. pubescens*) have also been recorded. These species have been called pine, spruce, and birch in the following presentation. The productive capacity of the sites has been classified according to a system developed by Mr. T. Jonson, past professor at the Royal College of Forestry. The classes are characterized by the following mean values of yield per annum and hectare at a growth period of 100 years and in most favourable yield conditions:

Site class:	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Annual yield, cu. m/hectare . . . . .	10.5	8.0	6.0	4.5	3.4	2.5	1.8	1.2

The forest site types have been judged according to a scheme largely according to that designed by Eneroth (1936) and further developed by Arnborg (1947)

#### Moisture conditions

1. Arid (Sk)
2. Dry (To)
3. Fresh (Fr)
4. Moist (Fu)
5. Wet

#### Types of plant cover

1. Lichens with scattered low-shrubs (Lav R)
2. Mainly cowberry shrubs (Li R)
3. Mainly blueberry shrubs (Bl R)
4. Dryopteris with low-shrubs (Dr R)
5. Herbs with low-shrubs (Ö R)
6. Herbs (Ö)

Combinations<sup>1</sup> between the degrees of moisture and the plant cover types presented above are called forest site types e.g. fresh blueberry shrub type (Fr Bl R). Types with cowberry shrubs and blueberry shrubs being rather near, there are many transition forms which are often summarized by the term of "low-shrub type" (R). In some cases several forest site types are grouped together and for reasons of simplicity they are then denoted with a plus sign after the forest site type mentioned first in the series above. An example: Fr Dr R + = Fresh Dryopteris low-shrub type + herbaceous low-shrub type + herbaceous type.

The species composition characterizing the plant cover of the various forest site types used here has been described by Arnborg (1947). For the purpose of guidance, a brief review concerning the most important features is provided in the following presentation.

*Moisture degrees:* Lichens e.g. *Cladonia silvatica*, *Cladonia rangiferina*, *Cetraria islandica*, *Stereocaulon paschale*, etc. constitute distinct components on arid and dry sites. In the bottom layer on fresh sites there are a great number of typical mosses mainly comprising *Hylocomium splendens* and *Pleurozium Schreberi* on sites of the cowberry shrub type and the blueberry shrub type, and *Rytidiadelphus triquetrum* and other species indicating ample supply of nutrients on sites of the herbaceous low-shrub type and the herbaceous type. The moist sites are characterized by the occurrence of a great number of *Sphagnum* species, *Aulacomnium palustre* and *Amblystegium* spp. On good sites (often calcareous), where bottom layer is lacking, these mosses are replaced by other moisture indicating plants such as *Carex* spp., *Equisetum silvaticum*, *Rubus chamemorus*, *Aconitum septentrionale*, *Geum rivale* etc. The wet sites usually constitute transition forms towards shrub bogs or fens.

*Plant cover types:* Sites of the Lichen type, which occur but rarely within the area of investigation, show a high frequency of lichens in the bottom layer. The occurrence of low-shrubs, predominantly with leathery leaves e.g. *Vaccinium Vitis-idaea*, is scattered to frequent. The cowberry shrub type is dominated by *Vaccinium Vitis-idaea* in the field layer (coverage: frequent—prolific). *Vaccinium Vitis-idaea* is replaced by *Vaccinium Myrtillus* on sites of the blueberry shrub type.

Low herbs such as *Dryopteris Linneana*, *Dryopteris phegopteris*, *Oxalis acetosella*, *Rubus saxatilis* show a variable frequency on sites of the Dryopteris—low-shrub type. The herbaceous plant cover type is enriched by the marked appearance of certain high herbs e.g. *Geranium silvaticum*, *Mulgedium alpinum*. Low-shrubs play a subordinate rôle on sites of the herbaceous type. Instead, various grass species dominate in association with high herbs such as *Aconitum septentrionale*, *Mulgedium alpinum*, *Geranium silvaticum*, *Paris quadrifolia*, tall species of *Athyrium* and *Dryopteris* etc.

The plant cover of a forest site often changes markedly after clearing. Although the changes are minor on the arid and dry sites, the admixture of lichens usually becomes more dominant after some time. Grasses also increase gradually. *Deschampsia flexuosa* shows an abundant—prolific development on fresh, less fertile sites while mosses and low-shrubs recede, though not entirely. A similar development occurs on sites of the fresh Dryopteris type, but other species of grass, *Rubus idaeus* and *Chamenerium angustifolium* in addition to *Deschampsia* usually occur at various abundance. The occurrence of these and other open-ground plants may become prolific on the most fertile sites of the fresh cover types (5 and 6). *Polytrichum commune* often develops vigorously on cleared sites that are superficially moist.

The investigation was based on a large number of observations from shelterwood stands released for experimental purposes on company land during the 1950's. It was endeavoured to obtain a wide range of shelterwood stands with respect to altitude, forest site types, types of shelterwood stands etc. in order to accommodate essential classifications. The shelterwood stands (corresponding to an area of 10,000 hectares) were released by the local forestry staff according to directions. Data concerning the history of the shelterwood stands prior to setting, time of various felling operations etc. were recorded on statistical cards. The Forest Research Institute offered assistance at the subsequent inventory of the experimental areas. The inventory was partly based on circular plots surveyed in the summer of 1959 by a crew working on the Company's southern forest supervisory district where the experimental activity first started (cf. table 1) and partly on special field studies carried out by the author in the same summer. Most of the shelterwood stands in the southern and middle forest supervisory districts were then subject to a quick inventory (cf. table A, p. 256). The investigation reported here is mainly based on material collected at the survey.

### Description of the area investigated

The location of the area is shown in figs. 4—5. The westernmost parts extend above the coniferous timber line which is generally situated at an altitude of 700—800 m. The areal distribution by various levels of altitude is expressed in per cent in a compilation on p. 18. The annual mean temperature of certain places within the area amounts to values presented on p. 18. Length of the growing season expressed by the number of days with a mean temperature of minimum + 3° C varies between 150 days and 180 days within the forested area. Rainfall during the growing season averages about 300 mm but varies strongly between different levels of altitude. The annual precipitation, too, shows a wide range i.e. between 450 mm and 1,000 mm. Varying largely in structure, the rock formations in the western parts are composed of mountain diabase and mountain slate. The

central parts around the lake of Storsjön are dominated by Cambrian-Silurian formations while the eastern parts are characterized by granite and gneiss. The soils mainly consist of moraine products which are often calcareous.

The total area of forest land in the region is about 39,300 sq. km. The distribution of the land area by site qualities (acc. Jonson) is shown by a compilation on p. 19. The high frequency of spruce forests (38 %) is a distinct feature. Pure pine forests cover a mere 12 per cent of the area while the remainder is mainly coniferous mixed forests.

### Material of investigation

The investigation was carried out as a circular plot survey with the plots laid out in a square spacing. Intention was to place 50 sample points on each locality of investigation. Since the shelterwood stands varied quite largely with respect to area, spacing between the sample points must be changed accordingly. Status of stocking was recorded within circular plots with a radius of 2 metres (12.56 sq. m). The seedlings were classified into the following groups

- a. seedlings established in the virgin cover of humus
- b.   "               "       in the scarified spots
- c.   "               "       in the upturned sods of humus etc.

Since it was desirable that the scarified spots be treated as units, they were recorded separately. Length and width of the spots were registered, those parts of the spots situated outside the periphery of the circular plot also being included. The position of the centre point of the spot decided whether a scarified spot was to be investigated or not. When this point was situated inside the periphery of the circular plot, the entire spot was investigated. If the centre point was located outside the periphery, the spot was omitted. The coverage (%) of plants and litter in the spots was also recorded in addition to the seedlings found. The soil texture was judged in a certain quotient of the spots.

The total area of humus sods upturned within the circular plots was also recorded. Seedlings found in the virgin cover of humus were separated into those established before or after scarification. The tallest seedling of each species was measured in each spot scarified, in the virgin cover of humus and in humus sods.

The shelterwood trees were measured within circular plots with 10 metre radius (about 314 sq. m.). The numbers of pine trees, spruces, and birch trees were recorded. In each shelterwood stand a minimum of 60 trees were measured with respect to diameter according to a quotient system. Half of these were subjected to increment boring in addition to measurements of the total height and height to the first green limb. Measurements of bark thickness were also taken. Age was recorded for a certain portion of the sample trees. Some observations were made with respect to height increment. Trees windthrown in conjunction with the shelterwood release and occurring within the sample plot were also recorded. From the centre of each circular plot, the basal area of the nearest shelterwood trees was recorded by means of a relascope.

Evaluations and measurements were carried out to the greatest extent possible to accommodate reference to a certain circular plot or scarified spot. Most of the data were recorded on punched cards already in field. The data have largely been processed by means of punched card machinery and large type electronic data computers.

The entire investigation comprised 58 shelterwood stands the locations of which are shown in fig. 5. Including 5517 spots of scarification, a total of 2969 circular plots were laid out within these stands. Some general data concerning the shelterwood stands are presented in table 1. It should be remarked that survey in many cases was made at a stage when the regeneration process was not yet finished, which affects the number of seedlings registered. Some compilations on p. 25 and 28 show the distribution of the shelterwood stands (%) by levels of altitude, time passed after shelterwood release and time passed after scarification, no. shelterwood trees, and basal area per hectare. The relationship between the average forest site type of one and the same shelterwood stand and its site quality (acc. Jonson) is also shown on p. 28. This relationship reveals that the productive capacity of the site is closely related to the forest site type but that the variation in site quality within one and the same forest site type may be great. The compilation on p. 29 shows the proportion of various forest site types (%) within the material of circular plots. It is evident that sites of the fresh low-shrub type predominate strongly. The major portion of the scarified spots (83 %) were made by machine whereas the remainder were made manually. Two different types of scarifiers were used at the mechanized scarification, *viz.* the Imset and the SM cultivators (figs. 6 and 7 and Fredén 1958).

### **Some consequences of shelterwood release and scarification**

#### *Changes in the plant cover*

The life conditions of the plant cover are often changed radically at the release of a shelterwood. These changes are variably expressed by changes in the composition and lushness of the plant cover. Compilations shown on p. 33 may provide an idea of the rate at which the changes in the plant cover occur in various forest site types. The compilations have been obtained by the grouping of a large number of shelterwood stands by various forest site types and subgroups according to time elapsed after shelterwood release. Within each subgroup was computed the frequency of shelterwood stands where the plant cover displayed obvious changes reminding of those usually observed on the cleared ground. Great differences evidently occur between various forest site type groups. Changes appeared in all shelterwood stands located on sites of the fresh *Dryopteris* low-shrub type already the third growing season after release. Changes failed to appear in a large number of the shelterwood stands on dry and fresh sites even 6 years after the release. If the shelterwood stands are grouped in the same way according to density, shelterwood stands with 200 trees per hectare or more on sites of the fresh low-shrub type appeared to be so dense that the plant cover is not changed essentially by the release. On fertile sites, however, changes in the plant cover are common even in very dense shelterwood stands.

#### *Occlusion of the scarified spots.*

Some results concerning the occlusion of scarified spots are presented in fig. 8. The figure shows that occlusion depends on the forest site type to the effect that the processes are faster on fertile sites than on poor ones. When the shelterwood density is 150 trees per hectare on sites of the fresh low-shrub type, the scarified spots may be entirely occluded eight years after the shelterwood release. Occlusion is quite more rapid in small spots than in large ones. When shelterwood density



is 300—400 trees per hectare, the cover of plants in the spots is only a third of that occurring when the shelterwood density is 50 trees per hectare. The figure also shows how individual trees affect spot occlusion on sites of the fresh low-shrub type. In open shelterwood stands, too, e.g. 100 trees per hectare, the spots remain open longer than in common seed tree settings.

#### *Litter fall*

In a way similar to that in the case of occlusion, fig. 9 shows the extent of litter cover under various conditions. The graph pertains to shelterwood stands of pine or spruce on sites of the fresh blueberry shrub type at 200—399 m altitude and five growing seasons after scarification.

#### *Shelterwood protection against frost*

Shelterwood stands have long been known to provide protection against frost. Fig. 10 presents the results of measurements of frost damages on young spruce seedlings in a partially removed shelterwood stand of spruce in the vicinity of Ånge. The seedlings, which had established naturally in the shelterwood stand, evidently displayed comprehensive frost damages due to exposure to spring frost after the removal of shelterwood trees. Seedlings growing under the remainder of the shelterwood stand, however, were entirely undamaged. The shelterwood stand still exerts a frost dampering influence 10—20 metres from the stand margin. Frost-lift could be observed in scarified spots in the cleared area while lacking in those under the shelterwood stand.

#### *Windthrow hazard*

Windthrow damages occurred in the shelterwood stands in some parts of the area of investigation. It was therefore judged desirable to investigate to what extent there was any trend in the occurrence of damages. Fig. 12 shows that windthrow was most severe in medium dense shelterwood stands whereas damages were slight in shelterwood stands containing more than 200 trees per hectare. The relatively low frequency of windthrown trees in the most open shelterwood stands probably depends on the fact that these stands originate from initially open stands where the windfirmness of the trees was already quite good. The result of the investigation indicates that the release of dense shelterwood stands will probably reduce the windthrow hazard considerably.

#### *Decomposition of debris*

The rate at which the logging slash is decomposed is of interest from a technical point of view. The result of scarification depends on the mechanical obstruction offered by logging slash. To obtain an idea of the rate of decomposition, the author made an evaluation of the actual stage of decomposition in a large number of shelterwood stands. For this purpose was used a specially designed scheme where 1 means fresh, green slash and 9 means that the logging slash is entirely decomposed. A decomposition stage of 4—5 appeared necessary for the scarification work to proceed without encumbrance. Fig. 14 indicates that scarification may be applied 2—4 years after shelterwood release against the background of slash decomposition and forest site type.

*Seed dissemination*

The result of regeneration recorded in the investigation has been achieved during a limited period of time. Since the seed crop varies strongly between years, it was considered necessary to clarify as accurately as possible the seed production conditions prevailing in various parts of the area of investigation during the time period concerned. Cone counts carried out at the annual National Forest Survey and the result of annual trial processing of cones and seed in combination with analyses of seed from various parts of the area of investigation accommodate an estimate of the seed production characterizing the trees of various shelterwood stands.

However, at the evaluation of the effective seed dissemination that has occurred in the various shelterwood stands we must consider the impaired receptivity to regeneration in the scarified spots that occurs as time proceeds. Fig. 17 shows the result of an experiment where seeds were sown in scarified spots of varying age. The relative numbers of established seedlings show that the receptivity to regeneration declined rapidly on sites of the fresh low-shrub type. After 6—7 years receptivity was virtually none. Based on the knowledge of the age of scarified spots at the time of the various seed years in the shelterwood stands concerned, a sowing effectiveness (*b*) has been computed by first reducing the annual seed value by means of factors presented on p. 54 and then adding the numbers obtained (cf. table B, p. 258). The frequency distribution of the sowing effectiveness of the various shelterwood stands is shown in fig. 18.

If both seed dissemination and spot occlusion are considered, there are some possibilities to arrive at a concept of the average age composition of the seedlings found at the survey of scarified spots, cf. p. 55. The mean age of the pine seedlings was about 3 years. The spruce seedlings were older or about 5 years on the average. This relationship depends on the occurrence of a very good spruce seed year in 1954 which dominates the age of spruce seedlings.

On the basis of cone counts carried out by the National Forest Survey and by means of cone sample analyses made annually, it is possible in a similar way to compute values of the sowing effect per tree (pine or spruce) in various parts of the country. Simultaneous knowledge of the sowing effect values (*b*) recorded in the shelterwood stands and the corresponding result of regeneration provide relationships to similar conditions in other parts of the country. Since the cone counts of the National Forest Survey were not initiated until 1954, the possibilities are limited when the 6-year periods needed for the computation of the *b*-value are to be placed in the following period of time. The result of these computations is presented in the tables 2 and 3 which will be referred to after the discussion of the regeneration results.

### Regeneration results

*Seedling establishment*

The studies of the regeneration results have largely proceeded by means of regression analyses. The techniques involved in regression analysis have previously been described from various forest research aspects by Petterson (1934, 1937, 1954), Näslund (1935, 1942), and Tirén (1949). In this case the processing of data was carried out by means of a large type electronic data computer (*Facit EDB*).

Elements of processing were data from each circular plot or from each scarified spot. The analysis has usually proceeded after a division of the material into groups of individual or mutually close forest site types.

The variables studied in the analysis are presented in the following compilation:

- $P_g$  and  $P_t$ : 1. Scarified spots: Computed no. seedlings of spruce or pine per spot.  
 2. Virgin cover of humus: Computed no. (oo's) seedlings of spruce or pine per hectare.
- $L_g$  and  $L_t$ : 1. Scarified spots: Computed length (cm) of the tallest seedling of spruce or pine.  
 2. Virgin cover of humus: Computed length (cm) of the tallest seedling of spruce or pine in the circular plot.

$g$  = diameter at breast height (DBH) in cm.

$h$  = altitude, m.

$s$  = no. shelterwood trees per hectare.

$t$  = 1. Scarified spots: No. growing seasons after scarification.

2. Virgin cover of humus: No. growing seasons after shelterwood release.

$E$  = width of the scarified spot, dm.

$F$  = area of the scarified spot, sq. m

$H_1 = h \cdot 0.01$

$H_2 = 10 \cdot e^{-\frac{300}{700-h}}$

$H_3 = e^{-\frac{1700}{800-h}}$

$K$  = species mixture (pine-spruce) of the shelterwood stand expressed in tenths of pine and based on no. trees

$S = s \cdot 0.01$

$T = t \cdot 0.2$

Spots produced by mechanized scarification are quite varying in size. Size of the spot must consequently be considered a most significant variable in a regression analysis. Altitude, species mixture, density of shelterwood stand, and time during which the scarified spots have been open with bared mineral soil are also factors that can be expected to affect markedly the result of regeneration. A common feature of these variables is that they must be assumed to characterize partly the amount of seed that has produced the number of seedlings found at the survey. The composite influence in this respect may be covered by the expression of sowing effect. Investigations made concerning the seed production provide possibilities to estimate the seed production of the average tree in the various shelterwood stands during the time the spots have been receptive to regeneration. Under certain conditions it is therefore possible on the basis of the spot size and data concerning the shelterwood stand surrounding the area sown to design for certain species an expression of the effective amount of seed that may have been shed into the spot. In the regression analysis a variable of sowing effectiveness has thus been computed in the following way.

Pine:  $B_t = b_t \cdot S \cdot F \cdot K \cdot 10^{-3}$

Spruce:  $B_g = b_g \cdot S \cdot F \cdot (10 - K) \cdot 10^{-3}$

$$\left. \begin{array}{l} b_t = \text{value of the sowing effectiveness of pine} \\ b_s = \text{ " " " " " " of spruce} \end{array} \right\} \text{cf. p. 230}$$

At a computation of  $B$  it is thus assumed that the amount of seed disseminated is directly proportional to  $S$ ,  $F$  and  $K$ . Concerning  $F$  this should be the case with great probability but with respect to  $S$  and  $K$  one may assume that the sowing effect also varies for other reasons. Thus, it can be expected with respect to seed production that trees standing far apart are superior to those standing closely. Concerning species mixture it may also be presumed that pine trees growing among spruce trees have a seed producing capacity different from that of pine trees with neighbours of the same species (Sarvas 1962).

Altitude, time factor and tree size have already been considered at the determination of  $b$ . As mentioned above, altitude is of great importance for the yield of germinable seeds. The computation of  $b$  has been made with due consideration. For reasons of reduced viability, however, the germinable seeds produced at high altitude may be expected to possess a lower ability of producing seedlings than have seeds from lowland. The germination bed may also be impaired as altitude rises. Although the consideration taken to the time factor would be correct regarding sites of the fresh low-shrub type, so may not at all be the case with the other forest site types. Concerning size of trees in one and the same shelterwood stand, one may finally assume that size varies with the density of the stand to the effect that the trees are slightly larger in the open parts than in the denser parts. It is therefore important at the regression analysis to test the potential effect of these variables in addition to the consideration taken at the computation of  $B$ .

In a special section are discussed the possibilities of elucidating by means of regression analysis the importance of various variables for the result of regeneration. These possibilities are improved with increasing density of the seedling stand. Fig. 19 is referred to as a basis of reasoning. The composite effect of various conditions of the site important for receptivity to regeneration is here thought of as expressed by its position in ordinate direction. For the constellation of factors to produce seedling establishment, a certain limit value must be reached. This value is represented by the horizontal, dashed line. If a number of circular plots are placed over the area in order to measure accurately receptivity to regeneration without a utilization of the data on seedling occurrence, the result should be reproducible by the points in the figure. The possibilities to design expressions that provide an accurate picture of the seedling occurrence become increasingly limited, the more frequent the result of the covariation of the decisive factors = 0 seedlings; no gradation of regeneration receptivity below 0 being possible.

Table 5 presents functions for the computation of the seedling establishment in scarified spots. The functions are of design shown on p. 60. Figs. 20—23 show partial correlations from some of these functions. Sowing effectiveness is an extremely strong variable for both pine and spruce on forest sites of all types except for pine on sites of the dry low-shrub type where it appeared insignificant. The reason for this exception probably originates in the difficulty with the present method to arrive at dependable measurements of the current seed fall on the low-producing sites represented by this forest site type. The cone counts of the National Forest Survey constitute a statistical material mainly originating from stands on sites of the fresh forest site types. Size of the spot has mostly proved important to the effect that more seedlings have been found per unit of area in large scarification spots than in small ones. With the exception of sites of the dry low-shrub

type, there are usually found more seedlings in dense shelterwood stands than in open ones. At equal sowing effectiveness the seedling establishment of both pine and spruce is more sparse in scarified spots on sites of the fertile, herbaceous forest types than in those on sites of the fresh blueberry shrub type. This condition may be caused by a more rapid occlusion of the spots on sites of the former type. On the wet forest sites the seedling establishment appeared considerably inferior to that on the fresh sites.

When the functions obtained for mechanically scarified spots are applied to manually scalped spots, it appeared that the mode of scarification is of no essential importance for the density of seedlings in the spots. The mechanically scarified spots are superior on account of their large size. Soil texture proved to have no importance for the seedling density in the spots on one and the same forest site.

Table 6 shows functions for computation of the occurrence of seedlings of pine or spruce in the virgin cover of humus. The functions only refer to pine seedlings that established after the shelterwood release and to spruce seedlings established after 1954. Some partial relationships from the functions are found in figs. 24—26. Pine seedlings are characterized by a very low occurrence. On the easily restocked dry forest sites this condition certainly depends on the very short time elapsed after the shelterwood release. A consistent trend is also characteristic to the effect that the number of seedlings has decreased in the localities investigated between 4 years and 6 years after shelterwood release. It is difficult to decide whether the relationship stated can be generalized or whether it depends on peculiarities of the material. The density of the shelterwood stand has only proved important on sites of the dry low-shrub type where considerably more seedlings were found in open shelterwood stands than in dense ones. Altitude has no essential importance. A reversed relationship applies to spruce seedlings of which a considerably denser stocking was recorded on low altitude levels than on high ones. Tirén (1949) previously obtained the same result when analyzing a similar material. The seedling establishment was most numerous in the dense shelterwood stands on low levels. On high levels the relationship is reversed. Since the majority of the seedlings were established in 1954, the time variable in the functions for spruce gives an idea of how many seedlings remain when the shelterwood stands have been released at various periods of time from this seed fall (1954). It is then realized that a large number of seedlings manage to survive in the stand for several years. The seedlings can also be brought to develop in a subsequent shelterwood stand.

A considerable rest variation remains around the functions obtained at the regression analysis. One of the main causes of this condition is that the individual spots scarified and the circular plots have been used as elements in the compilations. With respect to seedling occurrence in one and the same shelterwood stand there is a characteristic variation between spots and between circular plots on the same forest site types. If the mean values are based on a sufficient number of observation points, this "within-shelterwood variation" can be largely eliminated. Mean values of this kind are of primary interest if the regression functions are to be used for prognoses. For the purpose of elucidating these possibilities, a special analysis has been made for some suitable parts of the material of investigation—cf. presentation in table 7. The table shows that the standard deviation of the shelterwood mean values from the computed values is considerably less than corresponding value around the individual points of observation. Deviation (%) also decreases as density of regeneration increases. A similar trend has previously been presented

by Tirén (1949). Deviation, however, is so great that the result of regeneration can be computed with e.g. 10 per cent accuracy only for groups of shelterwood stands. The number of shelterwood stands needed in these groups varies between 2 and 20 depending on species, site, and general level of seedling occurrence.

Since the age of the seedlings was not determined in the main investigation, the height increment of seedlings with age data was studied in a number of specially chosen shelterwood stands on sites of the fresh low-shrub type. These seedlings were also the tallest ones in each spot. Fig. 27 shows that the height increment over age is quite clear and that the annual increase rises as seedling age increases. Some data on the particular shelterwood stands are presented in table 8. The tallest seedlings in these stands were also judged with respect to vigour. This evaluation was made by means of a scheme of classification where 1—2 = seedlings with rather good increment, 3 = seedlings with clearly reduced increment, and 4 = lingering, suffering seedlings (cf. figs. 28—29). Table 8 shows that only a few of the tallest seedlings growing in the spots belonged to the category of seedlings mentioned last. Although only rather dense shelterwood stands are considered here, the prospects of good seedling development in the scarified spots must be judged as bright.

Table 9 shows functions for computation of the height of the tallest seedling in scarified spots included in the main investigation. Some partial relationships are presented in figs. 30—31. Table 10 shows functions for computation of the height of the tallest seedlings in the virgin cover of humus. Partial relationships from these functions are shown in fig. 32. At height measurements taken in a search for the tallest seedling, the probability of finding a “very tall” seedling increases the higher the number of seedlings among which to choose, the so-called “statistical effect of choice”. If such cases are omitted where this effect can be suspected to play a prominent rôle, only the forest site type, time factor, shelterwood density, and altitude have proved the factors of essential importance for seedling height. Height increment is always greatest in the more open shelterwood stands, but on fresh sites it is considerable even in stands with a density of 200 trees per hectare.

Fig. 33 shows a comparison between seedling density and seedling height, respectively, in scarified spots at various distances from the nearest tree; status at 2.0 m from the tree = 100. Comparison pertains to sites of the fresh low-shrub type at 200—399 m altitude. The number of seedlings is obviously largest at a distance of about 2 metres from the tree and declines in both directions. Pine and spruce behave rather similarly. Seedling height, however, increases strongly as distance from the nearest tree increases. The graph indicates that the shelterwood trees on forest sites of this type influence on the seedling development even 6—8 metres from the tree.

Regeneration of pine and spruce recorded at the survey to have been established at an early stage in the original stand was consistently very sparse, exception being advanced regeneration of pine on sites of the dry low-shrub type where it may be rather numerous.

The occurrence of birch seedlings in the virgin cover of humus was sparse. In scarified spots, however, rather dense seedling stands of birch could often be found (cf. fig. 34). This establishment of birch was probably due to the occurrence of birch in adjacent stands since all birch trees had consistently been removed in the shelterwood stands. Birch regeneration usually being unwanted, the removal

of birch trees producing seed in a belt around the shelterwood stand is to be recommended. The densest stand of birch seedlings was obtained on forest sites of the good types as shown by a compilation on p. 102 concerning the number of seedlings per sq. m. of scarified surface.

The area of humus sods upturned at scarification is closely related to the area of scarified spots. A compilation on p. 104 shows the average relative numbers obtained on various sites with the two types of scarification equipment used. The SM cultivator obviously produces sods slightly larger than those obtained with the Imset cultivator. The suitability of the loose variably soil-covered sods of humus for germination bed is expected to be intermediate between that of the scarified spots and that of the virgin cover of humus. Since the occurrence of sods is always connected with the occurrence of scarified spots, the number of established seedlings in the sods has been related to that of seedlings in scarified spots. If the number of seedlings in the spots = 100, the relative values presented on p. 104 were obtained for altitude group 200—499 m. The sods as seed beds are obviously considerably inferior to the scarified spots. The height development of the seedlings, however, seems to be slightly more rapid for seedlings established in the sods, the reason probably being an improved nutrient supply in decomposing sods.

The addition in stocking obtained from the seedlings on sods may be estimated at an average of about 9 per cent for pine and 15 per cent for spruce in relation to the number of seedlings found in the spots when scarification has been made by means of an Imset cultivator. Although this supply of seedlings is quite valuable, the occurrence of the loose humus sods and their distribution over the area need not be subject to special attention at the design of scarification equipment. The result of regeneration can only be affected slightly in this way.

#### *Distribution of seedlings over the area*

Natural regeneration is usually characterized by uneven distribution of the seedlings. This condition may be ascribed to i.a. variations in the seed fall and the variable properties of the site with respect to the germination of the seeds. If the differences in the number of seedlings between various points of survey are relatively slight, stocking is characterized as even while great differences feature an uneven regeneration. An even regeneration may be satisfactory with a relatively low number of seedlings per hectare whereas an uneven distribution of seedlings can only be offset by a high number of seedlings.

Mathematical-statistical methods of analysis and evaluation of natural regeneration with respect to the distribution of the seedlings have been presented in two valuable papers (Eneroth 1945, Tirén 1949). The methods consist in a comparison of the actual mean number of seedlings per circular plot or scarified spot ( $m$ ) and the variation of the number of seedlings in the spots,  $s^2$ , around this mean value with corresponding parameters of the Poisson probability distribution (function 20). The function describes the frequency distribution that is obtained at a random sampling of a population with a completely random distribution which is possible in an area stocked with seedlings. Actually, greater requirements of evenness can hardly be expected in naturally established seedling stands. Deviation from the random distribution is expressed by the so-called "square of perturbation" ( $Q^2$ ) according to the Tirén terminology (function 21).  $Q^2$  in the function expresses the relationship  $\frac{s^2}{m}$ .

The Poisson distribution can be used to describe the frequency of circular plots with 0, 1, 2, etc. seedlings that is obtained at a certain  $m$  when the seedlings are assumed to be randomly distributed. This is usually not the case since the probability of obtaining seedlings varies between the circular plots. This variation of the probability was assumed by Eneroth to be described by means of the "gamma distribution". A combination of the Poisson distribution with the gamma distribution results in a rather complicated expression of the probability of obtaining  $x$  seedlings in a sample plot at a survey (cf. Tirén 1949). The computation of the frequency of the plots with 0, 1, 2, 3, etc. seedlings, however, is made relatively simple by starting successively with the 0-plots (function 22). In the natural stands of regeneration studied by Eneroth and Tirén, this probability distribution has proved a realistic picture of empirically obtained distributions of seedlings. A good agreement was also obtained when this distribution was applied to a computation of the frequency of sowing spots with various numbers of seedlings (Eneroth 1945, Tirén 1952).

According to the method discussed above, the distribution of the seedlings has been described for each shelterwood stand both with respect to the occurrence of circular plots with different numbers of seedlings in the virgin cover of humus and with respect to scarified spots with different numbers of seedlings. The square of perturbation then proved to depend on the mean number of seedlings to the effect that lower values were obtained when the density of seedlings was higher. With respect to seedlings in the virgin cover of humus, this relationship can be described by the functions 23 and 24 for pine and spruce respectively. The latter regression line conforms very closely to a relationship stated earlier by Tirén (1949) for spruce in a similar material (cf. fig. 36).

When the scarified spots were studied with respect to various numbers of seedlings, the spots within the shelterwood stand were divided into groups according to size as shown on p. 112. However, the square of perturbation was then influenced by  $m$  (function 26) but not by spot size (cf. fig. 37). No influence on  $Q^2$  from forest site type, density of shelterwood stand, altitude, etc. could be stated for seedlings in the humus cover or in scarified spots.

### **The technical performance of scarification and its importance for the result of regeneration**

Fig. 38 shows a comparison between a separate ocular estimate of the seedling occurrence carried out by the author in some of the shelterwood stands surveyed and the computed result of regeneration. The frequency of blank spots has been chosen the expression of the latter result. The ocular estimate was made according to a 10-degree scale where 1 means that no seedling was observed, 7 that stocking was considered sufficient from a regeneration point of view and 9 that the area was overstocked. The degrees 2, 3, 4, etc. are intermediate. The graph shows that some stands of pine regeneration had passed or had even been judged as better than acceptable although blank spots occurred at frequencies ranging between 20 and 30 per cent. The reason why the regeneration stands had nevertheless appeared sufficiently dense was certainly that mechanized scarification is characterized by a distinct variation in the size of the spots. The occurrence of a considerable number of blank but small spots is compensated for by large spots with a large number of seedlings. In some of the latter spots more than one seedling can be left at seedling cleaning.



The occurrence of "double spots" of this kind has therefore been observed in a special investigation. The frequency of double spots depends on:

- a. The shortest distance accepted between two seedlings.
- b. The general density of the seedling stand in the spots.
- c. The occurrence of sufficiently large spots.

The frequency distribution of equally large spots with different numbers of seedlings proved to occur in a way that facilitates the use of mathematical means of expression of this variation (function 26). It is therefore close to attempt in a similar way a description of the diameter distribution of the seedlings over the area of the spot. To study this matter, a special investigation was made on some sites with scarification in shelterwood stands in middle North Sweden. The length and the width of the spots, no. seedlings of pine and spruce, and the longest distance between two seedlings of pine or spruce were then recorded (cf. table C p. 259). In cooperation with *Dr. Bertil Matérn*, the measurement results were carefully scrutinized. The author has gratefully received from Dr. Matérn the following report of the mathematical-statistical analyses. It is here presented in extenso.

\*

### Maximum distance between the seedlings in scarified spots

by

*Bertil Matérn*

#### a. Probabilistic model

Assume that  $m (\geq 2)$  points are placed at random (two-dimensional, rectangular distribution) in a rectangle with the long side  $a$  and the short side  $b$  units of length. Let  $P_n(x)$  denote the probability that the largest distance between two of the  $n$  points exceeds  $x$ . An explicit expression of this probability is found in the case when  $n = 2$  and it was first derived by B. Gosh 1943, cf. Matérn 1960, p. 24. At higher values of  $n$ , one has to be content with approximations; the expression being very complicated already when  $n = 2$ .

A very simple and consequently rather coarse approximation is obtained by considering instead  $n$  points randomly scattered on a line section. The length of this line section should reasonably be chosen somewhere between the length of the long side ( $a$ ) and that of the rectangle diagonal. In the following presentation are reported some computations which are based on the condition that the length of the line section ( $A$ ) is determined according to the formula

$$(1) \quad A = a + \frac{b}{12a - 5b}$$

The formula has been applied to all values of  $n$  (2, 3, 4 . . .). The approximate value of  $P_n(x)$  becomes

$$(2) \quad Q_n(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } A \leq x \\ 1 - n(x/a)^{n-1} + (n-1)(x/a)^n & \text{if } 0 < x < A \end{cases}$$

Now assume that the number of points in the rectangle is chosen according to a negative binomial distribution with the mean value  $m$  and variance  $\sigma^2$ . The probability of the number of points in the rectangle being at least two and the maximum distance simultaneously exceeding the positive value  $x$  is

$$(3) \quad p_2 P_2(x) + p_3 P_3(x) + p_4 P_4(x) + \dots$$

where  $p_2, p_3, p_4, \dots$  are the probabilities, according to the negative binomial distribution, to obtain 2, 3, 4,  $\dots$  points in the rectangle. The following approximation of (3) is used

$$(4) \quad p_2 Q_2(x) + p_3 Q_3(x) + p_4 Q_4(x) + \dots = Q(x)$$

If (4) is summed, we obtain

$$(5) \quad Q(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } A \leq x \\ 1 - \frac{1 + u(1 + v)}{(1 + u)^{1+v}} & \text{if } 0 < x < A \end{cases}$$

where

$$v = m^2/(\sigma^2 - m) \quad u = (m/v)(1 - x/A)$$

It may be added that (5) is also valid in the case of a regular (positive) binomial distribution. In the transition case, the Poisson distribution ( $\sigma^2 = m$ ), the last row in (5) is to be replaced by

$$1 - [1 + m(1 - x/A)] \cdot \exp[-m(1 - x/A)]$$

One reason for using the approximation produced by (1) and (2) is that the convenient expression (5) of the sum of the series (4) is obtained in the case with binomial distribution (positive or negative).

Formula (1) has been chosen in order to obtain with fairly good approximation

$$P_2(a) \approx Q_2(a)$$

This choice should provide a certain margin of safety in other cases in the sense that (4) generally becomes slightly less than (3). A confirmation has been obtained by a series of sampling experiments with  $n = 3$  and  $n = 5$ . May it suffice to give an example. Five points were placed at random in a rectangle with the sides  $a = 1.5$  and  $b = 1$ . The distance between the two points located farthest apart was then determined. The experiment was repeated 600 times (like the computations described in the following presentation, work was carried out by means of punched cards and the relay calculator at the Forest Research Institute). The mean value of the 600 maximum distances amounted to 1.124. The standard deviation of the 600 values was 0.281. According to the procedure of approximation,  $A$  is first calculated by means of (1) which gives  $A = 1.5769$ . Then are determined the expected value and the standard deviation of the maximum distance among five points chosen at random on a line of length 1.5769. The expected value is 1.051 while the standard deviation is 0.281. The experimentally obtained distribution of the maximum distance in the rectangle is thus slightly askew to the right in relation to the approximate distribution.

## b. Comparison with empirical data

The material consists of data from six shelterwood stands (nos. F 24, F 25, F 27, F 28, F 30, and F 31) and contains a total of 250 cases where two or more seedlings of the same species were found in one scarified spot. For each case of this kind there are data on the length and width of the spot, the numbers of seedlings of the species concerned, and the distance between the two seedlings which grow farthest apart.

At a first inspection of the material, the mean value of the 250 maximum distances was determined and found to be 63.35 cm.

By means of a special approximation formula, an "expected value" of the maximum distance was then computed by assuming that each spot was rectangular and that the seedlings were placed at random in the spot. The mean value of the 250 approximately determined expected values was 65.75 cm, thus 3—4 per cent higher than the observed mean value. A sorting of the material by species, no. seedlings in the spot etc. showed that agreement between observed and computed distances was approximately equally good in the various parts of the material. Since the empirical distances on the average were slightly shorter than the computed ones, a certain margin of safety was considered necessary in the continued work in order to avoid an overestimate of the probabilities of large maximum distances. [This is the background of the margin of safety mentioned above and included in the approximation  $Q(x)$ ].

For each one of the 250 spots in the material was then computed by means of (1) and (2) the probabilities of maximum distances larger than 70 cm, 120 cm, and 170 cm. These probabilities were summed to produce an expected number of spots with a maximum distance of more than 70 cm, 120 cm, etc. These numbers could then be compared with the actual numbers. The comparisons produced the following result

Total no. spots	250
Maximum distance > 70 cm	
expected no.	83.8
actual no.	88
Maximum distance > 120 cm	
expected no.	20.3
actual no.	22.5
Maximum distance > 170 cm	
expected no.	5.7
actual no.	7.5

Half of the spots the maximum distance of which had been recorded at exactly 120 cm (e. g.) and all the spots with a maximum distance exceeding 120 cm have been included at the computation of the actual number of spots with a maximum distance > 120 cm. When the material was divided into individual shelterwood stands or sorted by species and no. seedlings, agreement between actual and computed numbers was about equally good in all parts of the material.

\*

It is obvious that the seedling distribution in scarified spots can be described rather well by means of the mathematical expressions above. Our possibilities to estimate the maximum distance between the seedlings are independent of type

of shelterwood stand, no. seedlings, and kind of seedlings. If the technical result of scarification with a certain type of equipment is known by measurements of spot sizes and, too, if the no. seedlings under a certain shelterwood stand is known e.g. by means of the application of some of the functions discussed, there are obviously possibilities to compute in a theoretical way the occurrence of double spots. Due to deficient material, the occurrence of spots of such a large size that three or more seedlings can be left after a seedling cleaning has not been possible to study. Spots of this size are produced to rather small an extent when current types of scarification equipment is used.

It should be stressed that a seedling cleaning cannot always be carried out by leaving those seedlings which are situated farthest apart since such a principle means a compromise between areal distribution and average quality of the seedlings left. However, knowledge of the distribution of seedlings in the spots must obviously play a very great rôle in this context. Future seedling cleanings of regeneration established after mechanized scarification will provide knowledge of the theoretically computed frequency of double spots with a more concrete forestry significance. There are no possibilities at present to acquire this knowledge.

Table 11 shows the mean size of spots on forest sites of various types and the distribution of the spots by various size groups (cf. p. 112). The forest site type obviously has influence to the effect that average larger spots have been produced on dry forest sites than on fresh and herbaceous ones. This statement pertains to both the types of scarification equipment used. The SM cultivator produces on the average slightly shorter spots than does the Imset cultivator. Table 12 shows the frequency of spots of varying length and width within various groups of spots size. Among the large spots there apparently occurs an essential portion of spots which are rather elongated.

Our knowledge of the conditions of importance for the result of regeneration in shelterwood stands on sites which have been scarified is so well founded by the investigations that realistic comparisons can be made between the total results obtained when the biological and technical conditions are varied. This work must utilize the following characteristics:

- a. Distribution of spot sizes and spot forms at different types of scarification.
- b. Seedling establishment under different conditions.
- c. The relative occurrence of spots with various nos. seedlings.
- d. The frequency of "double spots".

The measurements of spot sizes reported above are only applicable to two types of scarification equipment and to manual scarification. However, there are also a number of other types of scarifiers which produce a technical result deviating from that obtained by the types investigated, particularly with respect to mean spot size and average spot form. Moreover, there is a trend towards the use of heavier and stronger tractors which certainly enables, when needed, the construction of scarification equipment able to produce spots considerably larger in size than those currently common. At an analysis of this kind it is desirable to elucidate the biological effect of the regeneration result obtained after scarification by means of other equipment with different mode of operation. The individual processing of the scarified spots with respect to data on size and form also enables such an analysis.

Based on the use of the SM cultivator and the Imset cultivator, an additional number of alternatives concerning type of scarification and spot form have therefore been designed (table 13). Scarification has then been assumed to proceed either by hand (*A 11*) or by machines producing spots differing in average size (*A 12–15*). All the machines are characterized by a distinct variation in spots size around the mean value. [To satisfy the need for extremely large spots when the methods *A 14* and *A 15* are used, the spot size groups previously used have been supplemented with another two groups (VI and VII, cf. table 13)].

However, an additional variation is possible within one and the same *A*-alternative, viz. the utilization of machinery that produces spots of different form. This variation of the spot form within one and the same size group has been expressed by the occurrence of various relationships, width/length ( $q = 0.3, 0.5, 0.7, \text{ and } 0.9$ ). Spot form alternative *A 13; Q 22* approximately corresponds to a scarification of the Imset cultivator, *A 13; Q 23* approximately corresponding to a scarification of the SM cultivator. *Q 21* characterizes scarification with extremely short and wide spots while *Q 24* corresponds to scarification with extremely elongated spots.

A combination of the various alternatives of size and form provides no less than 20 types of scarification with largely differing technical features. Such a combination at present should cover the probable range of technically potential methods of scarification.

It is now possible to determine in a shelterwood stand various properties of the seedling establishment that can be expected when the conditions are varied. The primary interest is focused on the average no. seedlings per spot, the frequency of "double spots" and the frequency of spots with 0, 1, 2, 3 . . . etc. seedlings. The computation work required to produce all these characteristics, however, is extremely comprehensive. Since a calculation scheme has been designed for a large electronic data computer, it has yet been possible to undertake a careful analysis of the regeneration result in a large number of model shelterwood stands of this kind on scarified sites.

However, it is necessary at the computations to consider the successively decreasing sowing effectiveness as latitude rises. Based on a study of table 3, the values of  $b$ , presented on p. 128 have therefore been chosen as the lower limits of the level of regeneration that can occur in shelterwood stands where the site has been scarified immediately upon release. If scarification is postponed a number of years, a strong increase in the seed production of pine can be expected according to Finnish investigations (Heikinheimo 1937). To elucidate the result of regeneration in the case with a delayed scarification, an alternative with doubled sowing effectiveness of pine has also been applied. In shelterwood stands of spruce, there is hardly reason to expect a continuous improvement of the sowing effect as time proceeds, but scarification can then result in either a utilization of good seed years or of a lighter catch of seed from intermediate years. The values of sowing effect of spruce chosen on the basis of table 3 are presented in a compilation on p. 129.

An estimate of the number of spots that should be made in order to achieve a certain result of regeneration primarily requires knowledge of the expected frequency of blank spots, the frequency of spots with seedlings at a certain minimum distance and the average number of seedlings per spot. These data will provide a concept of the no. "well distributed" seedlings growing within scarified spots and the

total no. seedlings established in same. A level of standard must be chosen and it has been considered suitable at the calculations to start with a basic stocking of 2,500 seedlings well distributed per hectare in scarified spots. In addition to this number of seedlings there will be seedlings growing in upturned sods of humus or in the virgin cover of humus between the scarified spots. Together with the standard of stocking mentioned above concerning spots, a stand containing a total of at least 3,000 seedlings well distributed per hectare will be the actual standard set on sites of the fresh low-shrub type.

A lower limit of 70 cm accepted between two seedlings in one and the same spot has usually been chosen. The mean distance between the seedlings in the double spots in one and the same project of scarification is naturally larger. Table 14 shows an example of a data computer typing concerning the theoretically calculated result of regeneration on scarified sites in shelterwood stands of pine with different features on sites of the fresh blueberry shrub type. The letter denotation has the following significance:

*NR* = shelterwood stand model number, *A* = areal distribution number, *Q* = form ratio number, *B* = sowing effect per tree, *H* = altitude (oo's) metres, *K* = admixture of pine in tenths, *S* = no. shelterwood trees per hectare (oo's) *M* = no. seedlings per spot. *DPX* = frequency of spots (%) with seedlings situated more than *x* dm apart. *PL* = no. seedlings. *PF* = frequency (%) of spots with various nos. seedlings.

Table 14 shows i.a. that the frequency of double spots is of essential importance when average large spots are produced (*A* 13—15). This statement is applicable if only large distances are accepted, as also shown in figure 41 presenting the number of well distributed seedlings obtained per 1,000 spots produced with different average spots size (*F<sub>m</sub>*), *DP*-requirements and spot form. A choice of *DP*-level provides great possibilities to affect the value of regeneration obtained by scarification while the choice of spot form alternative has but rather little importance. The figure therefore shows the extreme alternatives *Q* 21 and *Q* 24 only. Figure 40 presents a comparison between the frequency (%) of blank spots obtained empirically by a survey of pine regeneration on sites of the fresh blueberry shrub type after scarification by means of an Imset cultivator and the frequency (%) of blank spots obtained theoretically for the same type of equipment by computations. Agreement is evidently very good. A comparison between the theoretical frequency and the empirical one also showed good agreement in the case with higher no. seedlings.

Figure 42 presents the result of computations of no. spots (ooo's) required per hectare at scarification of sites in shelterwood stands of pine when alternative *A* 13; *Q* 23 is assumed under various conditions of regeneration and when 2,500 well distributed seedlings are required. The percentage of blank spots obtained has been plotted over the no. spots required. The graph provides some possibilities to evaluate the dependability of the ocular estimate (figure 38). At the actual level of standard, a 30 per cent frequency of blank spots corresponds to a standard of about 3,000 spots per hectare which rather well agrees with the upper limit of what can be achieved by means of this type of equipment at reasonable cost.

Figure 43 shows a series of graphs that elucidates the scarification work needed per hectare and the corresponding total number of pine seedlings at various 100 m levels of altitude when scarification is applied in shelterwood stands of pine on sites of the fresh blueberry shrub type. Scarification is made either immediately after the

shelterwood release or at a later state when seed production is higher. Time of application is apparently of great importance at all altitude levels. Independent of the average spot size, a considerable scarification work can be saved if the measure is postponed some years. The average spot size is of extremely great importance for the standard no. spots required. Since manual scarification is rather expensive, the graph indicates that the measure (*A 11*) can hardly be considered economically justified other than under particularly favourable conditions. When large machines producing scarification of type e.g. *A 15*; *Q 23* are applied, the standard no. spots may be kept at a relatively low level. Nevertheless, the total no. seedlings growing in spots becomes larger than that obtained in the alternatives with smaller spots. The graphs justify the conclusion that scarification with machine type *A 13*; *Q 23* should not be used at altitude levels higher than 400—500 metres in the actual area because of the all too high number of spots required at this altitude. Fig. 44 shows the extent of scalping in per cent of the total area achieved when the scarification work produced in fig. 43 is reached.

Fig. 45 shows in the same manner as previously described no. spots required and no. pine seedlings per hectare at scarification with *A 13*; *Q 23* in shelterwood stands of pine of varying density on sites of the fresh blueberry shrub type at 100 m and 300 m altitude, respectively. The superiority of the dense shelterwood stands is evident with respect to both no. spots required and no. seedlings.

On the basis of experiences made concerning no. spots required on sites of the fresh blueberry shrub type, conclusions can also be drawn regarding the suitability of scarification on other forest site types. Although relatively numerous pine seedling stands can be obtained on dry forest site types without scarification, much should be gained by scarification with respect to the certainty of a satisfactory regeneration result. The processes are then accelerated and the uniformity of stocking is less dependent on variations in the density of the shelterwood stand. However, a successful, mechanized scarification on forest sites of the herbaceous types generally becomes rather expensive when applied in shelterwood stands due to the fact that the rapid occlusion of the spots must be compensated for by a high no. spots.

Comparing our experiences concerning the no. spots required in the area studied with the sowing effectiveness obtained in table 3 for other parts of the country, we obtain some idea of the usefulness of the method in these other areas. The table shows that the sowing effect values of pine are higher than necessary during the actual period of observation and their level is also assuringly even at any altitude south of the 62th latitude. In the area situated north of the 64th latitude,  $b_i$  varies strongly and often ranks at an all too low level above 200 m altitude. The table therefore indicates that scarification in pine stands on highland in North Sweden usually will produce unsatisfactory stocking or at least an uncertain result of regeneration if the machinery now available is used.

As described in the case with pine stands on sites of the fresh blueberry shrub type, computations have also been made to elucidate the result of regeneration after scarification made to obtain natural establishment of spruce. Scarification has been assumed either in a good seed year or in an intermediate year. The standard no. spots and no. seedlings established in scarified spots are shown as above for pine in figure 46. The graph pertains to fresh blueberry shrub type and shows that average small spots will suffice provided an ample seed fall. This statement also applies to high levels of altitude. At more scanty seed supply, however, requirements become similar to those described above for pine. As

shown in fig. 47, the need for scalping is also rather slight in good seed years. A high number of spruce seedlings is also obtained in shelterwood stands of mixed conifers in good spruce seed years. This is shown in fig. 48 which also displays the importance of shelterwood stand density; rather numerous seedlings being established in open shelterwood stands, pure as well as mixed ones.

Table 3 may also serve as a suitable basis when we want to judge the possibility to scarify successively in order to obtain natural establishment in spruce stands in various parts of the country. The table primarily shows that the seed production in 1954 should have been sufficient almost everywhere in the country to establish a seedling stand of satisfactory stocking. Seed fall of importance has subsequently occurred but locally and sporadically. According to the tables, the relatively high values of sowing effect recorded at low levels of altitude in the area after 1954 seem to have been chance occurrences. Towards the background of this statement scarification in spruce stands without consideration of the seed years can hardly be a dependable method of regeneration. In climatically harsh regions, where the intervals between good seed years are long, the possibilities to apply the method of regeneration in shelterwood stands in combination with scarification are reduced in practice.

#### *Removal of the shelterwood stand*

At the time when the stage of seedling establishment is passed, which preferably occurs by the measures of management when the shelterwood stand has played its rôle even from a yield point of view, time of shelterwood stand removal has come. The removal may be applied either in one single operation or in stages that may start relatively early. The problems of sudden total removal must attract the greatest interest from the point of regeneration biology. The life conditions of seedlings growing in the shelterwood stand are then subject to most radical changes. A registration of the processes that can be expected through sudden changes in environment of this kind has not yet been carried out on a large scale. These changes may result e.g. in a mortality of seedlings established in the shelterwood stand. However, previous experiences show (Holmgren and Törnngren 1932, Arnborg 1947) that spruce seedlings growing in the cover of raw humus display difficulties in surviving the sudden removal of sheltering trees. Having a relatively deep root system, pine seedlings are more resistant to drought conditions and they can therefore be expected to stand better the hardships of clearfelling to a greater extent. This statement is still more applicable to seedlings that grow in scarified spots and the contact of which with the mineral soil is good.

Other circumstances that must be observed are the mechanical damages to which the seedlings may be subjected in conjunction with the removal of the shelterwood stand. If the logging operation is made on snow-covered ground, which is common in the area investigated, damages caused by the felling and haulage of timber should be rare. Instead, the disadvantageous effects of slash left after the finishing of felled timber must be considered. To provide an idea of these influences, surveys have been made concerning the cover of logging slash left after newly removed stands of shelterwood. The results of these surveys as well as certain data on the shelterwood stands concerned are presented in table 15. The cover of slash was estimated according to three classes:

I: Ground entirely free of slash.



- II: Ground covered with such a thin and light cover of logging slash that the prospects of the seedlings to survive are considered bright.
- III: Ground is covered with a compact layer of logging slash in which the seedlings are expected to suffocate.

Table 15 shows that the cover of logging slash is usually light even after the densest shelterwood stands of the species concerned. Although some seedling mortality is to be counted on due to the logging slash from the shelterwood trees, it must evidently be considered moderate, perhaps of the order of magnitude of 10—15 per cent. If felling is carried out as to give an evenly scattered cover of slash, regeneration will only be affected to the extent of a rather unimportant occurrence of small openings.

### Yield capacity of the shelterwood stands

Decisive to the application of the regeneration method with shelterwood stands are primarily the entailing costs in relation to those of other alternatives. The method of shelterwood stands differs from other ones by the advantage of providing a certain yield of volume and value from the shelterwood trees. Computations have therefore been made in a special section concerning the yield capacity of shelterwood stands under various conditions. The possibilities for an all-round scrutiny of the increment of shelterwood stands, however, have been limited. The objects surveyed in the main investigation have been set as shelterwood stands for rather a short time only, considerably shorter than often desirable from the point of economic analysis. To obtain an idea of the continued increment, some supplementary investigations have been carried out. These investigations, however, do not admit an exhaustive analysis primarily due to the lack of suitable objects.

#### *Increment of shelterwood trees after release*

Before the material of data obtained by measurements of increment cores was analyzed further (cf. table D, p. 262), the measurements of the annual rings were adjusted by means of annual climate indices for certain part areas within the region investigated, cf. table 16. These indices have been obtained by a compilation of increment measurements conducted by the Department of Forest Surveys at the Institute.

Fig 50 shows the development of annual rings in trees that have been growing in shelterwood stands for considerable time. This period is apparently characterized by a period of response and a period during which the annual ring width remains on a rather even level. If no new felling occurs, a successive decline in the width of the annual rings can reasonably be expected.

The increment of the shelterwood trees was originally studied by a repeated grouping of the shelterwood stand in various respects and after a graphical presentation of the averages obtained. To exemplify this procedure, fig. 51 (pine) and fig. 53 (spruce) are shown. At least on comparatively good sites, pine is apparently characterized by an increase in the width of the annual rings immediately after the shelterwood release. Increase is relatively rectilinear. Trees growing more rapidly initially maintain their head start at least for 4—5 years. The picture is different with respect to spruce. Save for one of the part figures, the width of the annual ring in fig. 53 is expressed in relative numbers with the mean annual

ring width during 10 years before shelterwood release = 1.0. With the exception of very good sites, there is an obvious trend showing a decline in radial growth for at least 2—3 years after the shelterwood setting. From then on, however, a slight improvement of increase occurs. Even with respect to spruce, trees growing more rapidly initially maintain their head start over slow-growing ones.

The response of pine to shelterwood release has been analyzed further by regression analysis. The reaction ( $R_z$ ) was then expressed in mm by the average annual increase in radial growth during a period of 4—5 years after shelterwood release. This reaction can be computed by means of function 27 where  $A$  = age of the shelterwood trees at release,  $M$  = mean height of stand in metres at an age of 100 years as used in the Jonson site classification system and  $G$  = basal area (sq. m) of the shelterwood trees per hectare after release. Some partial relationships from the function are presented in fig. 52. Site quality and basal area apparently have a very strong influence on the rate of growth response while stand age has a slight effect only.

To obtain an all-round elucidation of the course of increment in a shelterwood stand after release, knowledge is required not only of the increment response but also of the maximum values that can be reached with respect to annual ring width and, finally, of the course of diameter increment after this time. Fig. 54 shows the maximum diameter increment after shelterwood release according to the result of measurements taken in a number of shelterwood stands which, according to records, have been set considerable time ago. The material consists of two groups, one from the actual area of investigation (SCA) and the other from the experimental forest of Siljansfors situated slightly south of the former area. As shown by the figure, the observations, which pertain to site class IV (Jonson), are scattered without trend. In the lower part figure, observations from sites of other qualities have also been marked. The figure also shows that culmination strongly depends on density of the shelterwood stand. Density can be expressed either by no. trees per hectare or by the basal area. If the relationships for site class IV are fitted, we obtain the functions 28 and 29, respectively, where  $Z_{max}$  = level of culmination,  $S$  = no. trees per hectare (oo's) after shelterwood release and  $G$  = basal area in sq. m per hectare after shelterwood release. Unfortunately, possibilities are lacking at present to apply a corresponding treatment of the culmination of the annual ring width in spruce.

A comprehensive material is not yet available concerning observations on the recess in radial growth after culmination which occurs when shelterwood density increases by increment of the trees. However, there are records on increment in continuously managed experimental plots in stands with the nature of shelterwood or preharvest release (fig. 56). Examples of the average basal area between the thinning operations in these stands can be found in a figure on p. 165. The figure shows that the annual rings usually range between 1.0 mm and 1.5 mm.

Measurements of felled sample trees selected at the survey seem to indicate that the height increment of the shelterwood trees concurs rather well with that presented by Lundqvist (1957), cf. fig. 57.

#### *Design of yield series for shelterwood stands of pine*

Knowledge of increment in shelterwood stands of pine after release facilitates computations concerning the yield relationships of shelterwood stands in various

conditions. First, however, distribution of growth by diameter and height, bark thickness and crown ratio must be discussed.

An analysis showed that the size distribution around the arithmetic mean diameter can be elucidated with rather good accuracy by means of the normal frequency distribution (function no. 30). This statement is supported by the computation on p. 168 where the average difference between the recorded frequencies and the computed ones (by function no. 30) is shown. The relationship between breast height diameter and bark thickness is displayed in fig. 58. The mean height values of the shelterwood trees in various diameter classes are presented in table 17 and the relationship between breast height diameter and the mean crown ratio in fig. 59.

At extreme release of trees which have previously been standing well protected in variably closed stands, the trees can be expected to undergo changes in form which are rational from the point of stability. Diameter increment recorded at breast height does not therefore reflect the total increment as before. Concerning shelterwood stands, the form of the trees can be expected to impair after release. A special section is devoted to the order of magnitude of this form impairment. On the basis of results from previous investigations (Petrini 1937, N. Hagberg 1942) a decline of maximum 0.02—0.03 units in the expression of form quotient (acc. Jonson)—base diameter = DBH—can be counted on. This change is presumed to occur successively during the first 10 years; later expected to level off. When trees are determined as to volume by means of the Näslund functions (1940), where breast height diameter, height, crown ratio and bark thickness are used, some consideration of continuous form impairment is made at repeated volume determinations but probably not sufficiently when stand density is low. For this reason a special procedure has been applied to estimate the order of magnitude of the extra impairment expected in openly standing trees. The method is outlined in fig. 60.

Based on the knowledge of the course of increment after shelterwood release under various circumstances and on other properties characterizing the pine shelterwood stands, computations have been made concerning the yield conditions in shelterwood stands with varying status at outset (table 18). A reduction in the radial growth has been assumed after the culmination level of the annual ring width has been reached to the effect that the increment level  $Z_r = 1.25$  mm is maintained when the basal area values presented on p. 165 are achieved. The increment values of height and diameter have also been assumed to be equal for all diameter classes in the shelterwood stand. The volume determination has been applied for diameter classes (o. b.) by means of the Näslund functions (1940). The stands have also been evaluated by means of the method with so-called "relative prices" (SOU 1949: 60, Fries 1958). The relative price ( $q$ ) is expressed by the relationship between the prices per cu.m. of the trees with a DBH of 20 cm and 30 cm ( $P_{20}$  and  $P_{30}$ , respectively). Three levels of relative prices have been used, viz.  $q = 0.4$ ,  $q = 0.6$  and  $q = 0.8$ . The highest  $q$ -value should be applied in cases where rather high net returns are obtained on smallwood e.g. when management is aimed at the production of pulpwood. Low  $q$ -values should be used if situation is reversed to the effect that large-sized timber is rather more profitable to produce e.g. on poor sites of accessibility with high costs of logging. The price ratio 0.6 represents an intermediate situation. The values of increment percentage computed apply to a compound rate of interest.

Table 18 presents series denoted with the letter *b*. The values are computed after an adjustment for excessive form impairment assumed to occur successively during the first ten years after release. At a stand density of 50 trees per hectare the form was expected to impair by 0.03 units of ratio (acc. Jonson) and by 0.02 units at a density of 100 trees per hectare. At higher levels of shelterwood density no excessive impairment of form was counted on. These computations of the volume and value of the stand produced the values presented on p. 181. The compilation indicates that excessive form impairment according to above has the effect that volume and value after 12 years exceed those obtained by a volume determination made only on the basis of breast height diameter and height by 3—5 per cent. In the following discussion of various alternatives of shelterwood stands, reference is always made to the values adjusted for impaired form in the case with open stands (50 trees and 100 trees, respectively per hectare, if not stated otherwise).

The figures 61 and 62 show comparisons between increment values computed in these yield series of shelterwood stands and values obtained from other investigations of a similar nature. Fig. 61 thus presents the result of a comparison with the current mean annual increment in volume per hectare according to Andersson (1957). Only those of the yield table stands have been chosen which have been thinned to a stand density reasonably comparable to that of the actual shelterwood stands at corresponding stage. The current increment in the shelterwood stands refers to the status 12 years after shelterwood release. Agreement is apparently extremely good. Fig. 62 shows the current annual increment per hectare in open shelterwood stands on sites of various qualities in comparison with increment values obtained from seed-tree settings of various densities according to Sarvas (1949) and from shelterwood stands according to Näslund (1955). Increment pertains to average for the time from release of the seed-trees or shelterwood stand, respectively up to the time of evaluation. The comparisons made should give reason for the conclusion that the yield series presented here for both open and dense shelterwood stands as well as for various alternatives of density and sites of various yield qualities seem to give a satisfactorily true picture of the increment in volume.

Fig. 64 presents an example of the current annual increment in volume per hectare in some yield series computed for shelterwood stands. The example shows that stand density and site quality are very important for the yield per unit of area during the years following the release of the shelterwood stands, whereas the mean diameter of the trees plays a lesser rôle.

Numerous examples of increment percentage values at various times have been obtained in the yield series presented for shelterwood stands of pine. The annual ring width is also known at all these occasions. Investigations have therefore been made to explore the relationship between the annual ring width and the increment percentage. Figure 65 a shows a characteristic relationship of this kind concerning the volume increment percentage in shelterwood stands with a mean breast height diameter of 12 inches. Since the site quality observations are scattered irregularly, the point scatter has been fitted graphically with one single line. Fig. 65 b presents a number of fitted lines representing shelterwood stands with a mean diameter of 11—15 inches. The graph is primarily useful for dense shelterwood stands where form is not expected to impair excessively. If an excessive form impairment is expected, a reduction must be made up to the amount of

0.5 per cent during the time when the trees change their form at the highest rate i.e. 2—6 years after shelterwood release.

As described for yield, graphical presentations in various groups of diameter have been made concerning the relationship between annual ring width and increment in value according to the yield series. At these studies, however, an additional division was made according to the price ratio. The graphically fitted lines are presented in fig. 66. In the cases when an excessive form impairment can be expected, the increment percentage in value for certain stages of the shelterwood stand period must be reduced by an amount equal to that applied for volume increment percentage.

No considerations have been taken at the evaluations to the fact that the trees during the shelterwood stand period can be expected to improve their timber grade to the extent that higher prices are paid for trees of a certain diameter at the end of the shelterwood period than in the beginning. This increase in value must be strongly dependent on the possibilities of selling high priced assortments. If we find e.g. that  $P_{30}$  increases from the value  $X$  in year  $O$  to  $Y$  in year  $n$ , an expression of the grade increment percentage ( $p_k$ ) can be obtained according to a compound rate of interest by means of function no. 31. If  $p_k$  is considered independent of tree size, the level of price ratio remains unchanged. The real increment percentage in value ( $p_v$ ) in the shelterwood stand is obtained by processing at each occasion in table 18 the multiplication  $1.0p_k \cdot 1.0p_u = 1.0p_v$  where  $p_u$  is the increment percentage according to the table. The actual stand value is simultaneously to be adjusted through a multiplication by  $1.0p_k^t$  where  $t$  = no. years after shelterwood release.

To facilitate a realistic discussion of the yield capacity of shelterwood stands with respect to value under various conditions, it is necessary to introduce true values of  $p_k$ . By and large, investigations are still lacking in this respect but evaluations made by Andersson (1961) and other information available seem to indicate that  $p_k = 0.6$  per cent is a normal value in pine stands with a moderate increase in diameter. However, since increment is rapid in open shelterwood stands, it has been considered more realistic to count on a varying value of  $p_k$  dependent on rate of increment. Assuming an increase in  $P_{30}$  by 10 per cent when the trees left after shelterwood release have deposited a mantle of 25 mm thickness, at breast height values of  $p_k$  in the shelterwood stands have been found to vary between 0.41 and 0.96 per cent. The order of magnitude in these values shows that increase in grade must be a factor of great importance when the yield capacity of the shelterwood stands with respect to value is to be estimated.

Fig. 67 shows in the same way as above for volume the current yield in value at various stages of shelterwood stands where the grade increment in value has been considered in the way described above. The curves refer to a price ratio of 0.6 and  $P_{30}$  in year  $0 = 1$  kr (Sw). Open shelterwood stands seem to be more comparable with dense stands with respect to value than as regards volume. Otherwise, the curves in the figs. 64 and 67 are closely similar.

A special section is devoted to a discussion of the yield capacity of the shelterwood stands at a certain level of interest required from the principal value of site and timber. As a suitable basis of computation has been chosen the current yield in value of the shelterwood stand in 3 per cent excess of the rate of interest on the stumpage value. However, the reader may simply choose another level of interest and make corresponding comparisons on the basis of table 18 and possibly

by means of yield increment percentage values of his own. In the computations  $P_{30}$  at the time of shelterwood release has been set = 40 kr (Sw).

According to the Swedish Forestry Act it may be required for a forest stand to be undeniably justified on a site that its yield in value covers both the interest of its own stumpage value at a certain rate of interest desired as well as the interest of its site value. An example of the order of magnitude of the annual amount required to correspond to the interest of site value is shown on p. 194 in a compilation with reference to various site classes and price ratios. The values were obtained after an analysis based on the  $W$ -values published by Andersson (1957). By  $W$ -value is here meant the value of all future net returns discounted to the time of stand establishment and reduced by overhead costs. Fig. 68 presents an example showing the current yield in value of shelterwood stands of pine computed according to the method described above. The part figures show i.a.

1. The level of yield in value is strongly dependent on  $p_k$ .
2. The level of yield in value is strongly dependent on site quality.
3. An initially rather low radial increment effects a reduced yield in value in relation to that obtained from a similar shelterwood stand with a superior vigour.
4. Although old shelterwood stands often produce a lower yield than that of young ones, the former stands may display a relatively good economy.
- 5—6. The mean diameter of the shelterwood stand is of utmost importance for the yield capacity. Shelterwood stands with relatively small trees produce a considerably higher yield than that obtained when the trees are large; returns then frequently being replaced by losses.
7. An all too high level of yield is obtained if an existing form impairment is disconsidered.
- 8—10. The rate of interest obtained from open shelterwood stands is at a maximum towards the end of the shelterwood period assumed here while the curves of the curves representing dense shelterwood stands slope variably steep down after some years. A high-priced volume of timber and receding increment here cause a rapidly impaired economy. When the mean diameter of the shelterwood is equal, the optimum range of density on the sites considered here is in the neighbourhood of 100 trees per hectare. These comparisons between various densities of shelterwood stands, however, cannot be considered as fully realistic. In practice the task usually consists in removing trees from original stands of varying density to produce a shelterwood stand. Shelterwood release usually having the nature of removing trees from below, the mean diameter will be raised. On account of the great importance of tree size for the economics of the shelterwood stand, the assumption can be made that even a rather moderate increase in diameter will rapidly counteract the advantage of reduced stand density.
- 11—15. If this statement is considered, these part figures show that a thinning in practice will often lower the economic result. Thinning the shelterwood stand further instead of choosing yield curve, we obtain a new yield in value ranking somewhere within the shaded range.
16. On poor sites there are possibilities to leave shelterwood stands of pine that produce satisfactory yield for long time even if, e.g. on high levels of altitude, very long periods of regeneration must be anticipated.

Figure 68 finally shows that the shelterwood stand often yields satisfactorily for very long time. In these cases an application of regeneration measures in the shelterwood stand, e.g. scarification, should be postponed to avoid a situation of conflict between the consideration of yield and the consideration of regeneration. In shelterwood stands with unsufficient yield capacity, however, reproductive measures should be taken immediately in order to reduce the costs as much as possible.

The yield series computed in table 18 may primarily be considered to reflect increment in shelterwood stands originating from variably overmature stands that have been maintained for various reasons over some time. New and more intensively managed forests being established and reaching mature age, improved possibilities occur already at an early stage to direct the stand management with the idea of accommodating the establishment of new generations. By the courtesy of *Mr. S-O Andersson, For. Lic.*, a yield table (19) was calculated to elucidate the result of such a programme of treatment. According to the table, the stand has been treated from the age of 40 years with heavy thinning to the effect that stocking is as low as 218 trees per hectare at an age of 90 years. With respect to previous experiences it may be expected that a mechanized scarification on fresh sites can effect a desirable result of regeneration already at a stand age of 90 years. The *W*-value obtained by this stand management compares well with those produced by alternatives with light thinning. The optimum rotation period ranges between 90 and 120 years dependent on price ratio used. It is apparently quite possible by heavy thinning and mechanized scarification at suitable occasion to establish the new stand naturally within the frame of the optimum rotation period.

#### *Yield capacity of the shelterwood stands of spruce*

The possibilities to describe the increment of spruce after shelterwood release is quite more limited than in the case with pine. Results from a previous investigation by Näslund (1942) and the yield series presented for pine, however, provide some basis for a rough outline of a discussion concerning the economics of shelterwood stands of spruce. Expressing relative values, table 20 provides an example showing the radial increment after felling operations in old spruce forests according to Näslund and on sites of varying quality in the shelterwood stands of spruce investigated. Agreement is evidently good for the years when comparison is possible. The diameter development of shelterwood trees of spruce has therefore been assumed also to follow the values presented by Näslund in the future.

The comparison was based on a couple of the computed yield series the outset status and yield of which at various occasions after shelterwood release are shown in table 21. Assuming that, as shown above, the size comparison at equal mean diameter is rather similar in shelterwood stands of pine and those of spruce and that height increment after shelterwood release, too, is rather equal, we designed corresponding yield series for shelterwood stands by means of the increment values presented in table 20. To make the comparison more realistic, some grade increment in value was assumed to occur in the shelterwood stands of pine but not in those of spruce.  $P_{30}$  was also set at a lower level.

Table 21 shows that the current yield of the shelterwood stands of pine is considerably higher than that of shelterwood stands of spruce despite the mean diameter in the examples is relatively low and therefore invites to an unusually high interest on the stumpage value considering the increment. Actually, at

this stage and on this forest site type we should not reasonably expect ever to reach a higher yield in value of shelterwood stands of spruce.

This statement has the most profound effects on the economics of regeneration in shelterwood stands of spruce. A slightly better result, however, can be expected in shelterwood stands of spruce on more responsive forest site types. On the other side, the mean diameter is certainly very large in stands of this kind on good sites now found suitable for shelterwood stands. The ability of yielding a satisfactory interest on the principal value must therefore be considered low even in these stands. Our sole possibility to achieve a reasonable yield of interest on the value of timber and site by regeneration in shelterwood stands of spruce is therefore to initiate the regeneration at an early stand age characterized by small and responsive trees. Since the regeneration of spruce has proved to establish in very dense shelterwood stands at suitable stand treatment, the possibilities of founding the young stands within the frame of the optimum rotation period should be explored further. This possibility on good sites in advantageous climate conditions has been indicated in a previous investigation (Hagner 1962).

### **Summary of the principle results of the investigation**

The analysis has clearly shown that the behaviour of pine and that of spruce in shelterwood stands are quite different. This statement applies to the yield in value as well as the regenerative capacity. Spruce is rather erratic with respect to seed production and its ability to increase growth after shelterwood release is poor. The seed production of pine, however, is rather well distributed in time, at least at moderate levels of altitude, and its growth response occurs readily in trees released in shelterwood stands.

The establishment of pine seedlings in the virgin cover of humus on fresh sites is extremely tardy. Scarification of sites of this kind must therefore be considered a desirable measure undertaken in order to obtain a sufficiently dense stocking in short time. In shelterwood stands of spruce on suitable sites and moderate levels of altitude, however, dense stocking may become established without scarification if a good seed year occurs closely before or after the shelterwood release.

From regeneration point of view the number of trees is the most significant expression of density. Although the height development of the seedlings is clearly inhibited by the shelterwood trees, it is still considerable at relatively high numbers of trees.

For reasons of windfirmness, dense shelterwood stands are to be preferred. The frequency of damages has been rather low in shelterwood stands containing more than 200 trees per hectare.

Although density of the shelterwood stand in first hand and the sizes of the trees to a lesser degree are of importance from the point of regeneration, these conditions must be considered simultaneously when the economics of the shelterwood stand is to be evaluated.

If the shelterwood trees are spaced openly, the hazard of impaired stem form must be considered.

Altitude of the site is of extremely great importance for the possibilities to apply the shelterwood method of regeneration in this region. As altitude rises, the number of established seedlings becomes lower primarily on account of the



declining ability of the trees to produce seed. In shelterwood stands of spruce, however, satisfactory stocking can also be obtained at high levels of altitude provided scarification is applied upon a good seed year. Yet, favourable conditions of this kind occur very rarely in the area investigated.

Analyses of cone setting and seed quality in various parts of the country seem to indicate that regeneration obtained after shelterwood release of pine on fresh sites, which have been scarified, should be useful in the whole of South and Middle Sweden independent of altitude. Farther north, however, altitude is of decisive importance. Natural regeneration of spruce can be obtained almost everywhere in the country in good seed years if scarification is applied. However, if we do not succeed in gaining the effect of such a good seed year, which may occur quite often, there are prospects of failure from the regeneration measure.

On account of the need for scarification, shelterwood stands of pine on fresh sites should be left where the topographic conditions justify this measure. Scarification thus occupies a rather central place amongst the measures that are to follow upon a shelterwood release in the region investigated. This statement primarily concerns pine. The larger the average spots produced by the scarification equipment, the lower is the number of spots required. The differences obtained at comparisons between various types of equipment producing different sizes of spots are so essential that certainly much is to be gained by the utilization of designs producing spots larger than those common at present.

From an economic point of view it is often well justified to leave the shelterwood stands for long time, perhaps 10—15 years or more. It is therefore advantageous if the silviculturist has a possibility to regulate the establishment of seedlings e.g. by scarification in the late stage of the shelterwood period. Risk is then small that a conflict situation occurs between considerations of yield and those of regeneration. The removal of the shelterwood stand should be carried out in one single operation provided the seedlings growing in the scarified spots have reached some years of age and that the spots are largely covered with plants on sites subject to frost-lift.



**Bilagor**

*Appendices*

Tab. A. Uppgifter om de snabbinventerade skärmställningarna.

Specification of the shelterwood stands subjected to quick-inventory.

Förvaltning Management unit	Bevakning Ranger district	Skärm-trakt Shelter-wood stand	Skärm-huggn. år Shelter-wood set year	Markbe-redn. år Ground-scari-fied year	H. 8.h. m Altitude m	Bonitet (Jonson) Site class (Jonson)	Skogstyp Type of ground cover	Skärmträden Shelterwood trees				Flock-veg-avfallets genomsnittl. årlig förändring i osäkrat humustäck-ke	Hygges-avfallets genomsnittl. årlig förändring i osäkrat humustäck-ke	Vegeta-tions-förändring i osäkrat humustäck-ke
								Träd-slags-bländn. Compo-sition of the stand	Ant/ha No per hectare	Grund-yta p.b. da B.A. o.b. ha m <sup>2</sup>	Ant. stoms-fäll-träd/grad No wind-thrown trees of per hectare in scarified spots 2)			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bispfors	Överammer	802	1954	-	255	V	ToR	10	160	7	0	-	6	0
	Utanede	23/02	1953	1956	335	V	Fr-ToR	10	100	7	0	10	8	1
	"	23/01	1955	1956	310	V	FrR	4	220	6	0	-	6	0
	Byn	B1801/02	1955	1954	310	V	FrR	3	200	10	0	-	8	0
	Oxsjö	0/3301	1954	-	220	V	FrR	10	100	7	0	-	6	0
	"	0/3302	1956	1957	320	V	FrR	10	90	5	0	10	6	0
	Galtström	9/01	1955	-	180	IV	FrDr-ÜR	0	200	13	4	-	8	0
	Bredsjö	5/01	1955	-	390	IV-V	Fr-ToR	10	90	8	0	-	5	0
	Lagfors	4104/13	1956	-	140	III-IV	FrDrR	1	280	14	0	-	8	0
	"	4105/16	1956	-	175	IV	FrR-ToR	8	100	8	0	-	4	0
Kusten	"	4105/15	1955	-	270	IV	ToR	10	80	9	0	-	4	0
	"	4104/11	1955	-	175	III	FrDr-ÜR	0	190	13	0	-	7	0
	Västana	4105/01	1955	1955	260	V	ToR	10	80	6	0	20	4	0
	"	4105/02	1957	1958	270	V	ToR	10	80	8	0	-	3	0
	Lögdö	3103/05	1956	-	110	IV	FrR-ÜR	1	300	20	0	-	7	0
	"	7101/01	1955	1954	80	I-II	FrDr-ÜR	1	240	20	4	90	8	1
	"	4109/01	1955	1954	200	III	FrR-DrR	2	240	20	0	80	7	0
	Norafors	7005/10	1956	-	270	III-IV	FrR	4	250	17	0	-	5	0
	"	7004/11	1955	1954	225	III	Fr-FuDrR	0	160	16	5	90	8	1
	"	7004/12	1956	-	165	III	FrR-DrR	1	130	11	1	-	6	0
Torpsshammar	"	6201/05	1956	-	200	III	FrR	6	160	13	0	-	4	0
	Torpsshammar	3	1956	1957	395	IV	FrR	1	210	15	1	30	6	0
	"	1	1956	1957	390	IV	FrR	0	240	9	0	20	4	0
	"	4	1957	1957	410	IV	FrR	4	160	14	18	10	5	0
	Stöde	71	1957	-	230	IV	FrR-DrR	0	90	6	1	-	4	0
	"	58	1956	-	240	IV	FrR-DrR	0	100	7	35	-	6	0
	"	74	1957	1958	330	V	FrR	1	90	7	10	0	5	0
	"	59	1956	1957	350	III	FrR-ÜR	0	120	7	35	-	6	1
	"	72	1957	1958	345	III	FrR-DrR	3	90	8	1	0	3	0
	"	57	1955	1955	375	IV	FrR-DrR	3	160	12	5	40	8	1
Erikslund	Nedansjö	1	1955	1958	310	IV	FrR	0	200	17	0	0	8	0
	Nordanede	3/54	1955	-	240	IV	FrR	7	190	12	4	-	6	0
	"	1/55	1956	1957	240	IV	FrR	9	110	11	15	0	5	0
	"	3/56	1957	-	240	IV	FrR	7	140	14	5	-	4	0
	"	4/57	1958	-	280	IV	FrR	3	140	14	1	-	4	0
	"	2/54	1955	1957	230	III	FrR-DrR	5	80	9	6	30	7	1
	Sulå	22	1954	1954	340	IV	Fr-FuDrR	1	140	12	1	100	8	1
	"	42/55	1955	1957	215	III	Fr-FuDrR	6	130	12	0	40	5	1
	Julåsen	821/04	1948	1952	450	IV-V	FrR	10	40	5	0	80	9	1
	"	2/58	1958	1959	425	IV-V	FrR	5	80	5	0	0	2-3	0
Lillmörtsjö	"	2/55	1954	1957	440	IV	FrR	10	100	9	0	0	6	0
	"	7245/101	1953	1954	380	IV	FrDrR	2	220	17	0	60	8	0
Lillmörtsjö	"	7245/102	1956	1957	370	IV	FrR	8	100	-	35	30	5	1

Tab. A. Text se sid. 256. Text, see p. 256.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Erikslund	Lillmörtsjö	7245/105	1956	1956	320	IV	FrR	4	170	12	10	60	5	0	
	"	7208/104	1957	1958	350	V	FrR	3	200	12	15	0	3	0	
	"	7245/104	1956	1957	360	IV	FrR-DrR	2	170	13	3	30	7	0	
	Fränsta	7257/1	1953	-	230	IV	FrR	10	120	11	0	-	7	0	
	Lillkrog	1105/01	1955	1955	390	V	FrR-DrR	8	90	7	0	70	8	1	
	"	Ank/01	1956	1955	355	V	FrR	9	190	7	0	30	5	1	
	"	1108/01	1954	1954	375	V	To-FrR	9	90	6	0	40	6	0	
	"	106/02	1957	-	410	III	FrR	7	250	17	0	-	4	0	
	"	1103/01	1957	1958	400	V	FrR	8	170	7	0	0	3	0	
	"	106/01	1957	-	350	V	FrR	7	200	6	0	-	3	0	
Ånge	Fässjö	F 1	1955	1955	360	IV	FrR	8	100	7	1	-	7	0	
	"	F 3	1956	1956	350	VI	To-FrR	10	140	5	0	30	5	0	
	"	F 4	1956	1957	345	V	FrR	10	140	5	0	10	5	0	
	Haverö	H 1	1954	1952	400	VI	FrR	10	120	6	0	70	7	1	
	"	H 3	1955	1956	370	V	FrR	7	120	6	0	40	6	1	
	Ånge	826/01	1954	1955	345	V	FrR	3	210	13	2	30	9	0	
	Östavall	Ö 2	1955	1955	380	IV	FrR	3	150	8	0	40	7	1	
	Alby	A 1	1954	1954	300	IV	FrR	1	160	10	0	80	9	0	
	"	A 2	1954	1954-56	350	IV	FrR-DrR	10	90	8	10	-	7	1	
	"	A 4	1956	1957	290	V	FrR	3	210	10	0	60	7	1	
Stavre	"	A 5	1956	1956	450	V	FrR-DrR	3	260	12	0	40	7	0	
	Bensjö	1/54	1954	1957	375	IV	FrR	10	160	8	0	-	6	0	
	"	1/56	1956	1957	300	V	To-FrR	10	200	9	0	0	3	0	
	Skurun	4213/01	1957	-	330	IV	FrR	7	130	8	0	-	5	0	
	"	0711/01	1954	-	390	IV-V	FrR	10	110	6	5	-	6	1	
	Stavre	5909/07	1956	-	325	V	FrR-DrR	1	270	9	1	-	6	0	
	"	5905/08	1955	-	285	V	FrR	7	220	5	0	-	4	0	
	"	5905/09	1956	-	295	V	FrR-DrR	2	140	7	1	-	5	1	
	Åsarne	Börtnan	7602/1	1954	-	540	VI-	ToR	10	150	6	0	-	5	0
	"	0602/1	1952	-	510	VI	ToR	10	200	10	0	-	6	0	
Östersund	Stugun	2/55	1956	1957	305	IV-V	FrR	6	180	11	0	30	7	1	
	Lorås	1/55	1955	1955	380	IV-V	FrR	8	190	8	0	70	6	0	
	Österåsen	1/54	1955	1955	350	IV	FrR-DrR	4	200	14	0	70	8	1	
	"	12/55	1956	1955	270	V	To-FrR	7	150	6	0	30	7	0	
Sollefteå	"	22/56	1958	1958	460	V-VI	FrR-DrR	0	-	8	0	0	4	0	
	Kramfors	Lillsela	1957	-	230	IV	FrDrR	0	160	9	0	-	6	1	
	"	Knäfta	1956	-	70	IV	FrR-DrR	1	150	8	1	-	6	1	
	"	Lövsjö 2	1955	-	180	IV	FrR-DrR	7	130	8	0	-	6	-	
	"	" 3	1955	-	190	VI	ToR	10	130	6	0	-	6	0	
	"	" 4	1955	-	130	III-IV	FrR	4	120	10	6	-	6	-	
Backe	Ådalsliden	Ottsjö	1956	1956	250	IV	To-FrR	10	140	10	0	10	4	0	
	Bodum	1/56	1956	-	305	IV-V	FrR	6	260	9	0	-	5	0	
	Backe	2/56	1957	-	290	V	FrR	8	190	8	0	-	4	0	
	Junsele V	3/56	1956	-	210	V	FrR	2	170	4	0	-	4	0	
	"	Ö	4/56	1957	-	270	IV	FrR	7	180	7	0	-	5	0
Strömsund	"	2/57	1958	-	240	IV	To-FrR	10	130	9	0	-	4	0	
	Alanäs	1/59	1958	1959	390	V	FrR-DrR	0	120	5	1	0	4	0	
	Högbynäs	2/58	1958	1958	340	VI	FrR	0	190	8	4	0	4	0	
	Lillviken	3/57	1957	1958	460	VI-VII	FrR-DrR	0	-	7	1	0	7	0	
	"	2/59	1957	1958	285	V	FrR	10	-	4	10	0	4	0	
	"	1/57	1956	1958	500	VI	FrR-ÖR	0	130	9	3	-	7	1	
	Ström V	4/57	1957	1957	480	V	FrDrR	0	150	6	0	10	7	1	
Hoting	"	2/57	1957	1957	320	V-VI	FrR	5	120	6	8	-	5	0	
	Norråker	1/55	1955	1958	385	V	FrR	7	190	9	5	0	7	0	
	"	1/57	1958	1959	380	V	FrR	8	120	8	18	0	4	0	
	Granön	1/57	1957	1959	440	VI	FrR-DrR	0	150	5	2	0	4	0	
	Tåsjö	1/56	1957	-	270	V	ToR	10	170	8	10	-	4	0	
	"	1/55	1955	1955	290	V	Fr-FuR	0	250	8	2	40-90	7	1	
	Rörström	1/55	1955	1955	260	V	FrR	8	140	8	0	-	6	0	
"	1/56	1957	1957	280	V	FrR	3	240	9	0	0	5	0		

Tab. A. Text, se sid. 256. Text, see p. 256.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Hoting	Bosundet	1/57	1957	1958	320	V	FrR	10	180	6	5	0	3	0
	"	1/55	1955	1957	280	IV	FrR-ÖR	1	250	9	0	30-70	9	1
Åsele	Grundtjärn	8/55	1955	-	240	IV	To-FrR	10	100	7	0	-	5	0
	"	2/56	1957	-	300	V	To-FrR	8	140	6	1	-	2	0
	"	1/56	1957	-	300	IV	To-FrR	9	200	9	0	-	3	0
	Hälla	1/56	1957	-	380	V	FrR	7	110	5	0	-	5	0
	Guliksberg	1/56	1956	1958	360	V	FrR	5	140	7	0	0	5	0
	"	1/57	1957	-	370	IV	FrR	4	150	7	0	-	3	0
	Åsele Ö	1/56	1958	-	330	V	ToR	9	160	10	0	-	2	0
	" V	1/56	1957	-	390	IV-V	FrR	4	230	11	0	-	5	0
Vindeln	Ramsele	6/55	1957	1957	280	IV	Fr-FuR	3	80	6	1	40	5	0
	"	Högländ	1955	1956	390	IV	FrDrR	1	250	12	0	-	6	0
	Åmsele	5/55	1956	1956	330	V	FrR	7	90	6	0	-	7	0
Lycksele	Umgransele	4/55	1955	1954	405	V	FrR-DrR	0	150	7	4	80	7	1
	Lycksele	1/55	1956	1956	250	V	To-FrR	10	140	11	0	0	4	0
	"	1/56	1956	1957	250	IV-V	To-FrR	10	140	11	0	0	5	0
	"	3/54	1955	-	210	V	ToR	10	150	7	0	-	6	0
	"	3/55	1958	-	210	V	ToR	10	140	7	0	-	2	0
	"	2/55	1956	1957	270	IV	FrR	8	170	9	2	10	6	0
	Vormsele	7/54	1955	1955	305	IV-V	FrR	10	160	12	0	-	8	0
	"	5/54	1955	1955	305	V	FrR	10	200	11	0	-	8	0
	"	4/55	1956	1957	295	IV	FrR	10	130	9	0	10	6	0
Vilhelmina	Vilhelminaö	Grundsjö	1957	1958	480	VI	FrR	0	170	5	0	-	2	0
	" V	Hacksjö	1957	1958	350	V	To-FrR	8	130	6	1	-	3	0
	Ormsjö	1/56	1957	1957	270	IV	FrR	9	100	7	0	-	3	0
	Dorotea	Lavsjö	1958	1957	325	V	To-FrR	10	80	5	0	0	2	0

1) Tall-gran, uttryckt i tiondelar tall. Scots pine - Norway spruce, quoted in tenth of pine.

2) Gäller endast Tmb. Only referring to scarification by tractor.

3) Se text kap. 10. Cf. text.

4) 0 = Inga eller obetydliga. None or inconsiderable.

1 = Fullt påtagliga. Quite obvious.

Tab. B. Det beräknade frövärdet per träd (b) i de taxerade skärmställningarna.

Computed values of the sowing effectiveness (b) of shelterwood trees in the main investigation.

Skärm nr Shelter- wood stand No	b		Skärm nr Shelter- wood stand No	b		Skärm nr Shelter- wood stand No	b		Skärm nr Shelter- wood stand No	b	
	Tall Pine	Gran Spruce		Tall Pine	Gran Spruce		Tall Pine	Gran Spruce		Tall Pine	Gran Spruce
1	24,2	-	17	8,6	-	37	8,3	5,9	55	-	-
2	22,1	117,5	18	14,6	1,7	38	9,6	8,2	56	-	-
3	30,3	131,9	19	18,6	0,4	39	12,9	4,0	57	6,6	3,4
4	-	153,8	20	15,9	-	41	16,2	-	58	10,2	5,4
5	19,3	-	21	15,1	115,6	42	-	2,1	59	9,9	4,6
6	19,4	2,8	22	20,4	3,1	43	-	1,5	60	6,4	-
7	16,8	135,3	23	7,6	-	45	11,4	63,0	61	5,4	3,0
9	23,2	3,9	24	19,9	3,4	46	2,6	16,0	62	18,8	-
10	21,2	3,2	25	12,8	2,1	47	2,2	12,1	63	10,2	5,3
11	22,4	4,5	26	14,9	-	48	3,7	31,6	64	7,6	4,0
12	24,0	5,0	27	12,4	-	50	-	16,4	65	9,2	4,5
13	19,3	3,3	28	16,8	119,6	51	-	16,3	66	7,9	4,1
14	19,0	3,6	32	15,6	1,9	52	-	52,2	67	24,8	14,2
15	14,6	-	33	13,8	1,8	53	5,7	-	70	11,1	-
16	13,0	1,8	34	12,0	1,1	54	-	-			

Measurements and calculations concerning the maximum distance between seedlings in scarified spots.

Kolumn nr.										Column No.										1)										
3	4	5				6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	2	4					2		7	5		4		6		7		6		1		2		3		1		2		3
2	2	4					4		0	4		1		3		2		5		8		1		6		1		1		6
3	2	4					5		0	4		6		3		5		4		5		2		8		1		1		6
4	2	4					5		6	0		4		2		4		4		7		5		0		9		3		5
5	2	4					6		0	5		5		5		8		6		8		4		5		0		9		3
6	2	4					7		3	0		6		5		8		1		0		9		5		7		8		1
7	2	4					7		7	0		6		0		4		2		7		6		1		6		4		5
8	2	4					8		4	5		4		0		1		8		2		6		6		2		2		2
9	2	4					8		6	0		4		0		2		4		2		1		1		1		3		0
0	2	4					9		6	5		4		0		3		4		2		3		0		3		4		9
1	2	4					9		0	6		0		5		4		4		3		3		3		4		9		8
2	2	4					0		0	4		0		3		0		3		5		5		6		3		2		7
3	2	4					0		0	4		0		3		0		4		0		5		8		3		0		5
4	2	4					1		0	0		4		0		3		2		6		8		5		1		0		3
5	2	4					2		0	0		4		0		3		2		9		7		2		2		4		8
6	2	4					4		6	5		4		0		5		2		9		7		1		2		0		4
7	2	4					4		4	0		5		7		0		6		3		7		1		2		0		4
8	2	4					5		4	5		0		5		4		4		8		0		5		6		2		1
9	2	4					5		9	5		6		5		4		5		4		8		0		5		4		3
0	2	4					7		3	5		6		0		7		6		7		7		9		1		8		6
1	2	4					8		3	5		3		0		1		2		3		3		1		1		7		9
2	2	4					8		5	0		4		5		2		5		3		5		3		4		2		8
3	2	4					9		0	5		3		5		3		6		0		9		1		1		1		1
4	2	4					9		0	5		5		0		3		6		0		9		9		0		1		
5	2	4					0		0	4		0		3		0		1		2		3		3		1		1		
6	2	4					0		0	4		0		3		0		4		0		5		3		1		1		
7	2	4					1		0	0		4		0		3		2		6		8		5		5		5		
8	2	4					2		0	0		4		0		3		2		9		7		2		2		4		
9	2	4					4		6	5		4		0		5		4		8		0		5		6		2		
0	2	4					4		4	0		5		7		0		6		7		7		9		1		8		
1	2	4					5		4	5		0		5		4		4		5		4		8		0		5		
2	2	4					7		3	5		6		0		7		6		7		7		9		1		8		
3	2	4					8		3	5		3		0		1		2		3		3		1		1		7		
4	2	4					8		5	0		4		5		2		5		3		5		3		4		2		
5	2	4					9		0	5		3		5		3		6		0		9		9		0		1		
6	2	4					9		0	5		5		0		3		6		0		9		9		0		1		
7	2	4					0		0	4		0		3		0		1		2		3		3		1		1		
8	2	4					0		0	4		0		3		0		4		0		5		3		1		1		
9	2	4					1		0	0		4		0		3		2		6		8		5		5		5		
0	2	4					2		0	0		4		0		3		2		9		7		2		2		4		
1	2	4					4		6	5		4		0		5		4		8		0		5		6		2		
2	2	4					4		4	0		5		7		0		6		7		7		9		1		8		
3	2	4					5		4	5		0		5		4		4		5		4		8		0		5		
4	2	4					7		3	5		6		0		7		6		7		7		9		1		8		
5	2	4					8		3	5		3		0		1		2		3		3		1		1		7		
6	2	4					8		5	0		4		5		2		5		3		5		3		4		2		
7	2	4					9		0	5		3		5		3		6		0		9		9		0		1		
8	2	4					9		0	5		5		0		3		6		0		9		9		0		1		
9	2	4					0		0	4		0		3		0		1		2		3		3		1		1		
0	2	4					0		0	4		0		3		0		4		0		5		3		1		1		
1	2	4					1		0	0		4		0		3		2		6		8		5		5		5		
2	2	4					2		0	0		4		0		3		2		9		7		2		2		4		
3	2	4					4		6	5		4		0		5		4		8		0		5		6		2		
4	2	4					4		4	0		5		7		0		6		7		7		9		1		8		
5	2	4					5		4	5		0		5		4		4		5		4		8		0		5		
6	2	4					7		3	5		6		0		7		6		7		7		9		1		8		
7	2	4					8		3	5		3		0		1		2		3		3		1		1		7		
8	2	4					8		5	0		4		5		2		5		3		5		3		4		2		
9	2	4					9		0	5		3		5		3		6		0		9		9		0		1		
0	2	4					9		0	5		5		0		3		6		0		9		9		0		1		
1	2	4					0		0	4		0		3		0		1		2		3		3		1		1		
2	2	4					0		0	4		0		3		0		4		0		5		3		1		1		
3	2	4					1		0	0		4		0		3		2		6		8		5		5		5		
4	2	4					2		0	0		4		0		3		2		9		7		2		2		4		
5	2	4					4		6	5		4		0		5		4		8		0		5		6		2		
6	2	4					4		4	0		5		7		0		6		7		7		9		1		8		
7	2	4					5		4	5		0		5		4		4		5		4		8		0		5		
8	2	4					7		3	5		6		0		7		6		7		7		9		1		8		
9	2	4					8		3	5		3		0		1		2		3		3		1		1		7		
0	2	4					8		5	0		4		5		2		5		3		5		3		4		2		
1	2	4					9		0	5		3		5		3		6		0		9		9		0		1		
2	2	4					9		0	5		5		0		3		6		0		9		9		0		1		
3	2	4					0		0	4		0		3		0		1		2		3		3		1		1		
4	2	4					0		0	4		0		3		0		4		0		5		3		1		1		
5	2	4					1		0	0		4		0		3		2		6		8		5		5		5		
6	2	4					2		0	0		4		0		3		2		9		7		2		2		4		
7	2	4					4		6	5		4		0		5		4		8										

[illegible]

Tab. C. Text, se sid. 259. Text, see p. 259.

3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	7		1	1			9	0		4	5	4	0		5		4	9	6	7	7	4			
1	2	7		2	1			8	0		5	5	4	1		5		5	7	3	6	3	9			
1	2	7		3	1			7	8		6	0	3	2		1		1	9	7	9	1	2			
1	2	7		4	1			6	0		6	0	4	2		3		1	5	5	9	2	2			
1	2	7		5	1			5	8		0	1	0	8		3		0	2	0	4	3	8			
1	2	7		6	1			4	5		5	5	2	7		6		1	4	5	6	6	1			
1	2	7		7	1			3	0		6	0	7	8		7		7	9	7	7	5				
1	2	7		8	1			2	1		3	5	2	1		5		5	2	7	7	1	6			
1	2	7		9	1			1	0		3	0	3	3		2		7	7	3	1	9	3			
1	2	7		0	1			0	9		4	0	3	6		5		7	7	3	5	7	7			
1	2	7		1	1			9	0		5	0	5	2		7		7	7	6	1	7	4			
1	2	7		2	1			8	0		6	0	4	8		2		2	5	2	0	1	5			
1	2	7		3	1			7	0		7	0	3	8		1		4	2	3	0	1	0			
1	2	7		4	1			6	0		8	0	4	0		1		4	2	3	3	1	7			
1	2	7		5	1			5	0		9	0	5	0		2		5	7	9	9	9	4			
1	2	7		6	1			4	0		0	6	0	7		3		7	0	3	3	1	7			
1	2	7		7	1			3	0		1	5	2	2		4		0	3	3	0	3	1			
1	2	7		8	1			2	0		2	5	8	6		5		9	8	9	9	9	9			
1	2	7		9	1			1	0		3	5	1	2		6		9	8	8	8	8	2			
1	2	7		0	1			0	9		4	0	3	3		7		7	7	4	2	3	0			
1	2	7		1	1			9	0		5	0	4	5		8		7	0	9	1	1	0			
1	2	7		2	1			8	0		6	0	5	0		7		0	3	1	5	5				
1	2	7		3	1			7	0		7	0	6	0		6		9	8	6	6	6	1			
1	2	7		4	1			6	0		8	0	7	2		5		8	6	5	5	5				
1	2	7		5	1			5	0		9	0	8	6		4		7	5	4	4	4				
1	2	7		6	1			4	0		0	6	0	9		3		6	7	4	0	4				
1	2	7		7	1			3	0		1	5	2	2		4		5	5	9	9	9				
1	2	7		8	1			2	0		2	5	8	6		5		4	4	4	4	4				
1	2	7		9	1			1	0		3	5	1	2		6		9	8	8	8	8				
1	2	7		0	1			0	9		4	0	3	3		7		7	7	4	2	3				
1	2	7		1	1			9	0		5	0	4	5		8		7	0	9	1	1				
1	2	7		2	1			8	0		6	0	5	0		7		0	3	1	5	5				
1	2	7		3	1			7	0		7	0	6	0		6		9	8	6	6	6				
1	2	7		4	1			6	0		8	0	7	2		5		8	6	5	5	5				
1	2	7		5	1			5	0		9	0	8	6		4		7	5	4	4	4				
1	2	7		6	1			4	0		0	6	0	9		3		6	7	4	0	4				
1	2	7		7	1			3	0		1	5	2	2		4		5	5	9	9	9				
1	2	7		8	1			2	0		2	5	8	6		5		4	4	4	4	4				
1	2	7		9	1			1	0		3	5	1	2		6		9	8	8	8	8				
1	2	7		0	1			0	9		4	0	3	3		7		7	7	4	2	3				
1	2	7		1	1			9	0		5	0	4	5		8		7	0	9	1	1				
1	2	7		2	1			8	0		6	0	5	0		7		0	3	1	5	5				
1	2	7		3	1			7	0		7	0	6	0		6		9	8	6	6	6				
1	2	7		4	1			6	0		8	0	7	2		5		8	6	5	5	5				
1	2	7		5	1			5	0		9	0	8	6		4		7	5	4	4	4				
1	2	7		6	1			4	0		0	6	0	9		3		6	7	4	0	4				
1	2	7		7	1			3	0		1	5	2	2		4		5	5	9	9	9				
1	2	7		8	1			2	0		2	5	8	6		5		4	4	4	4	4				
1	2	7		9	1			1	0		3	5	1	2		6		9	8	8	8	8				
1	2	7		0	1			0	9		4	0	3	3		7		7	7	4	2	3				
1	2	7		1	1			9	0		5	0	4	5		8		7	0	9	1	1				
1	2	7		2	1			8	0		6	0	5	0		7		0	3	1	5	5				
1	2	7		3	1			7	0		7	0	6	0		6		9	8	6	6	6				
1	2	7		4	1			6	0		8	0	7	2		5		8	6	5	5	5				
1	2	7		5	1			5	0		9	0	8	6		4		7	5	4	4	4				
1	2	7		6	1			4	0		0	6	0	9		3		6	7	4	0	4				
1	2	7		7	1			3	0		1	5	2	2		4		5	5	9	9	9				
1	2	7		8	1			2	0		2	5	8	6		5		4	4	4	4	4				
1	2	7		9	1			1	0		3	5	1	2		6		9	8	8	8	8				
1	2	7		0	1			0	9		4	0	3	3		7		7	7	4	2	3				
1	2	7		1	1			9	0		5	0	4	5		8		7	0	9	1	1				
1	2	7		2	1			8	0		6	0	5	0		7		0	3	1	5	5				
1	2	7		3	1			7	0		7	0	6	0		6		9	8	6	6	6				
1	2	7		4	1			6	0		8	0	7	2		5		8	6	5	5	5				
1	2	7		5	1			5	0		9	0	8	6		4		7	5	4	4	4				
1	2	7		6	1			4	0		0	6	0	9		3		6	7	4	0	4				
1	2	7		7	1			3	0		1	5	2	2		4		5	5	9	9	9				
1	2	7		8	1			2	0		2	5	8	6		5		4	4	4	4	4				
1	2	7		9	1			1	0		3	5	1	2		6		9	8	8	8	8				
1	2	7		0	1			0	9		4	0	3	3		7		7	7	4	2	3				
1	2	7		1	1			9	0		5	0	4	5		8		7	0	9	1	1				
1	2	7		2	1			8	0		6	0	5	0		7		0	3	1	5	5				
1	2	7		3	1			7	0		7	0	6	0		6		9	8	6	6	6				
1	2	7		4	1			6	0		8	0	7	2		5		8	6	5	5	5				
1	2	7		5	1			5	0		9	0	8	6		4		7	5	4	4	4				
1	2	7		6	1			4	0		0	6	0	9		3		6	7	4	0	4				
1	2	7		7	1			3	0		1	5	2	2		4		5	5	9	9	9				
1	2	7		8	1			2	0		2	5	8	6		5		4	4	4	4	4				
1	2	7		9	1			1	0		3	5	1	2		6		9	8	8	8	8				
1	2	7		0	1			0	9		4	0	3	3		7		7	7	4	2	3				
1	2	7		1	1			9	0		5	0	4	5		8		7	0	9	1	1				
1	2	7		2	1			8	0		6	0	5	0		7		0	3	1	5	5				
1	2	7		3	1																					





Tab. D. Uppgifter om de undersökta träden i de taxerade skärmställningarna.

Specification of the shelterwood trees in the main investigation.

Skärm nr  Shelter- wood stand No.	Träd- slag  Species 1)	Aritm. medel- diameter och standarddev.  Aritm. mean diam. and standard devi- ation  cm	Medel- höjd  Mean height  m	Genomsn. kron- förhåll.  Average crown ratio  %	Genomsn. dubbel barkttj.  Average double bark thickness  mm	Genomsnittlig årsringsbredd Average width of the annual ring mm							
						Under 10 år före skärm- huggning  During 10 years before shelterwood setting	Veg.per. efter skärmhuggning Veg.per after shelterwood setting						
							1	2	3	4	5	6	7
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	T	30,3 ± 6,3	15,7	66	29,7	1,32	1,14	1,14	1,36	1,46			
2	G	24,9 ± 4,8	18,0	72	19,0	1,09	0,99	0,90	1,12	1,26			
3	G	30,0 ± 8,6	21,3	74	19,4	1,15	1,21	1,19	1,58	1,59			
4	G	37,7 ± 8,0	26,7	69	23,6	1,55	1,33	1,25	1,45	1,56			
5	T	29,1 ± 5,3	17,9	41	31,8	1,00	1,53	1,45	1,50	1,52	1,73	2,20	2,48
6	T	34,2	22,1	59	35,3	1,23	1,33	1,40	1,62	1,97			
	G	26,3	19,4	26	20,6	1,03	1,16	1,03	0,94	0,97			
7	G	31,3 ± 7,4	21,5	74	20,0	1,31	1,22	1,13	1,07	1,03	1,16		
9	T	36,8	23,6	66	36,9	0,81	1,03	1,01	1,08	1,42	1,59		
	G	26,4	20,2	31	16,9	0,88	1,16	1,02	1,01	1,11	1,36		
10	T	39,5	26,3	59	40,6	1,24	1,28	1,19	1,13	1,76	1,86		
	G	28,9 ± 8,4	21,3	76	18,1	1,17	1,33	1,21	1,20	1,13	1,31		
11	T	26,0 ± 5,6	19,0	42	26,4	0,97	1,03	0,95	0,88	1,22	1,39		
	G	18,8	16,1	30	14,4	0,66	0,88	0,72	0,48	0,51	0,68		
12	T	30,6	20,7	61	34,6	1,13	1,26	1,30	1,86	1,89	1,40		
	G	25,2	20,9	28	17,7	1,19	1,20	1,03	1,26	1,70	1,54		
13	T	32,8	24,6	67	34,1	1,34	1,50	1,13	1,20	1,83	2,03		
	G	31,3	22,8	26	17,0	1,39	1,73	1,48	1,46	1,39	1,76		
14	T	29,1 ± 5,3	20,1	43	29,1	1,01	1,01	1,40	1,76	1,67			
15	T	26,2 ± 6,9	16,4	58	29,6	1,98	2,07	2,19	2,22				
16	T	25,8 ± 5,4	17,1	49	28,2	1,61	1,59	1,69	1,85	1,97			
	G	21,7	16,1	22	20,0	0,92	0,89	0,70	0,69	0,70			
17	T	30,4 ± 6,0	18,2	50	34,5	1,49	1,86	1,81	1,74	1,95	2,11		
18	T	31,2	21,2	60	28,1	1,53	1,13	1,00	1,23	1,38			
	G	23,1	17,1	27	16,7	1,27	1,22	1,20	1,40	1,54			
19	G	24,2 ± 4,5	17,7	82	19,5	1,29	1,28	1,30	0,93	0,99	1,17		
20	T	29,3 ± 5,4	19,0	45	31,3	1,06	1,36	1,14	1,07	1,18	1,45		
21	G	28,6 ± 4,5	23,4	73	21,6	1,35	1,34	1,39	1,19	1,10	1,31	1,32	
22	T	35,1	23,6	64	36,1	1,59	1,90	1,72	2,00	2,20			
	G	28,8	21,4	25	21,1	1,24	1,30	0,92	0,79	0,95			
23	T	35,0 ± 4,0	19,6	48	37,1	1,55	1,83	1,96	1,59	1,62	1,87	1,94	1,83
24	T	32,8 ± 5,6	23,2	43	31,6	1,08	1,30	1,28	1,64	1,72			
25	T	32,7	21,5	62	41,4	1,02	0,99	1,01	1,03	1,16	1,38		
	G	24,7	19,5	27	20,2	0,72	0,83	0,73	0,69	0,65	0,72		
26	T	31,8 ± 5,1	20,2	46	36,1	1,77	1,85	1,59	1,79	1,91			
27	T	35,2 ± 4,3	22,6	39	34,0	1,96	2,06	1,71	1,84	1,83			
28	G	24,8 ± 5,9	16,9	81	19,4	1,20	1,08	0,75	0,65	0,75	0,84		
32	T	32,3	22,4	66	33,5	1,37	1,11	1,07	1,39	1,50			
	G	22,1	18,9	29	19,1	0,92	0,95	0,91	0,90	0,98			
33	G	22,4 ± 5,3	15,5	85	16,2	1,29	1,71	1,32	1,09	1,04	1,35		

Tab. D. Text, se sid. 262.

Text, see p. 262.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
34	G	23,5 ± 5,5	15,7	86	17,4	0,97	1,29	1,08	1,01	0,88	1,13		
37	G	28,0 ± 4,5	21,2	77	17,1	1,21	1,30	1,16	1,06	1,30			
38	T	26,9 ± 3,5	18,4	44	28,2	1,31	0,84	0,93	1,02				
	G	24,3	18,7	30	19,6	1,17	1,16	1,16	1,40				
39	T	27,1 ± 3,4	19,8	45	24,7	1,17	1,00	0,94	1,37	1,53	1,89		
41	T	34,0 ± 5,8	23,4	40	38,6	1,13	1,55	1,62	1,53	1,77	1,87		
42	G	30,0 ± 4,5	21,5	82	22,3	1,22	0,76	0,78	0,88				
43	G	27,0 ± 4,8	15,9	79	22,4	1,05	0,71	0,67	0,76				
45	T	30,4 ± 4,9	19,7	54	30,9	1,17	1,17	0,96	0,87	0,92	1,14		
46	G	20,3 ± 4,6	13,5	78	18,3	0,95	0,79	0,67	0,63	0,78	0,98		
47	G	19,4 ± 4,5	11,0	78	20,4	0,91	0,69	0,64	0,63	0,75	0,94		
48	T	31,7 ± 6,4	13,4	53	31,0	1,14	0,85	0,86	0,86	1,02			
	G	18,3	11,7	27	17,2	0,72	0,53	0,55	0,74	1,08			
50	G	25,0 ± 6,3	13,0	83	23,9	1,47	1,05	0,88	0,87	0,95	1,17		
51	G	22,8 ± 5,1	13,4	81	24,4	1,13	0,91	0,72	0,68	0,75	0,93		
52	G	27,7 ± 5,4	17,5	84	26,5	1,20	0,99	0,83	0,73	0,75	1,14		
53	T	27,3 ± 7,4	15,1	59	30,5	1,08	0,93	0,78	0,88	0,90	1,14		
54	T	23,8 ± 4,5	14,3	62	28,3	0,81	0,75	0,61	0,51	0,54	0,55	0,57	
55	T	24,0 ± 4,7	17,9	47	26,9	0,87	0,96	0,75	0,66	0,77	0,78	0,90	
56	T	24,4 ± 5,8	19,2	39	28,7	1,05	0,92	0,78	0,68	0,78	0,96	1,14	
57	T	25,6	16,9	50	26,0	1,50	1,18	1,37	1,64				
	G	19,6	15,4	16	20,7	1,41	1,07	1,12	1,22				
58	G	27,6 ± 5,7	21,0	79	21,2	1,53	1,33	1,16	1,21	1,04	1,06		
59	T	32,8	22,9	62	32,4	0,88	0,98	1,12	1,23	1,49			
	G	23,0 ± 5,3	19,6	76	18,9	1,28	1,16	1,00	0,99	0,98			
60	T	34,2 ± 5,0	22,3	41	32,9	1,66	1,46	1,36	1,40	1,50	1,77		
61	T	32,4	21,1	58	33,8	1,41	1,10	1,15	1,22	1,42			
	G	23,6 ± 5,2	16,6	80	17,2	1,55	1,37	1,13	1,33	1,50			
62	T	29,3 ± 4,8	18,2	55	29,6	1,78	1,88	2,15	2,15	2,82			
63	T	35,5 ± 5,2	23,5	39	36,3	1,27	1,05	1,15	1,39	1,71	2,06		
64	T	28,2 ± 4,8	18,7	45	30,6	1,30	1,24	1,10	1,11	1,29	1,32	1,68	
	G	22,1	14,5	17	17,0	1,13	1,72	1,42	1,16	0,98	1,01	1,29	
65	T	28,6 ± 6,0	17,4	52	28,9	1,67	1,18	1,55	1,76	2,34			
66	G	28,6 ± 5,1	20,5	74	16,9	1,27	1,23	1,01	1,08	1,23			
67	G	27,8 ± 3,4	23,2	59	17,7	0,71	0,54	0,61	0,91				
70	T	25,8 ± 5,4	18,1	43	27,4	1,35	1,45	1,70	1,64	2,14			

1) T = tall, Scots pine

G = gran, Norway spruce